ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉANCE DU LUNDI 5 DÉCEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **GUSTAVO COLONNETTI**, Membre de l'Académie des *Lincei*, Président du Conseil National de la Recherche d'Italie, qui assiste à la séance.

M. le **PRÉSIDENT** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 14 décembre au lieu du lundi 12, jour de la séance annuelle des prix de l'Académie des Sciences morales et politiques.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une martingale mineure.* Note de M. **ÉMILE BOREL**.

Si un banquier offre à un joueur la possibilité de choisir à son gré son enjeu à chaque partie d'un jeu équitable, on donne le nom de martingale à une règle fixant l'enjeu d'après les résultats des parties précédentes, de telle manière que le joueur soit certain de gagner au bout d'un nombre fini de parties (non fixé d'avance). Bien entendu, la difficulté pour le joueur est de pouvoir *tenir le coup* jusqu'au gain; il faut qu'il possède constamment l'enjeu fixé par la martingale et de plus cet enjeu ne doit pas dépasser le maximum fixé par le banquier. Mais, dans les conditions théoriques où le joueur aurait un crédit illimité et où le banquier accepterait tout enjeu, rien n'est plus aisé que de construire des martingales. J'ai signalé récemment la martingale de Saint-Pétersbourg, que j'appellerai martingale majeure parce que le gain possible peut être aussi grand que l'on veut; sa valeur théorique moyenne est infinie. J'appellerai martingales mineures celles dans lesquelles le gain de chaque série de parties (d'une longueur variable) est constant.

La plus simple et la plus connue des martingales mineures consiste à doubler l'enjeu aussi longtemps que l'on perd; on réalise ainsi un gain égal à la mise

initiale, dès la première partie gagnée. Mais, si l'on perd 20 parties consécutives, la perte dépasse un million de fois la mise initiale et le jeu doit pratiquement s'arrêter, à moins que la mise initiale ne soit ridiculement faible. Si cette mise était de 1000 francs, la fortune du joueur et celle du banquier devraient dépasser un milliard. Cette martingale est donc assez dangereuse pour celui qui la pratique. Je voudrais indiquer une martingale mineure qui dépend d'un paramètre α et qui se réduit à la précédente lorsque α devient égal à 1; mais nous supposerons α positif et inférieur à 1.

Désignons par a l'enjeu du joueur à la première partie; la règle qu'il suivra est la suivante : il multipliera l'enjeu par $1+\alpha$ après chaque partie perdue et par $1-\alpha$ après chaque partie gagnée. S'il perd la première partie, son gain (négatif) pourra s'écrire sous la forme

$$(1)\qquad \frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1+\alpha),$$

et s'il la gagne, son gain (positif) pourra s'écrire

$$(2)\qquad \frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1-\alpha),$$

Suivant qu'il a perdu ou gagné, l'enjeu de la seconde partie est $a(1+\alpha)$ ou $a(1-\alpha)$, c'est-à-dire égal au produit par α du terme soustractif de (1) ou de (2); on en conclut que, si le joueur perd la seconde partie, après avoir perdu la première, son gain total sera

$$(3)\qquad \frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1+\alpha)^2,$$

tandis que s'il gagne la seconde après avoir perdu la première, ou inversement, ce gain sera

$$(4)\qquad \frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1+\alpha)(1-\alpha).$$

et qu'enfin s'il gagne les deux premières, son gain sera

$$(5)\qquad \frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1-\alpha)^2,$$

Lorsque l'on connaît les résultats des deux premières parties, on sait que l'enjeu de la troisième partie doit être égal au produit par α du terme soustractif de (3), (4) ou (5), on arrive ainsi aisément à montrer que si sur les $p+q$ premières parties, le joueur en gagne p et en perd q, son gain après ces $p+q$ premières parties sera

$$(6)\qquad \frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1-\alpha)^p(1+\alpha)^q.$$

Mais, lorsque le nombre des parties augmente indéfiniment, le rapport p/q

du nombre des parties gagnées et du nombre des parties perdues tend vers l'unité; on en conclut que le terme soustractif de (6) tend vers zéro et que par suite le joueur gagne finalement a/α. La limite de l'enjeu $a(1-\alpha)^p(1+\alpha)^q$ de la $(p+q)^{\text{ième}}$ partie est zéro; lorsque cet enjeu sera inférieur au minimum acceptable, on arrêtera le jeu.

On verra aisément que, plus le nombre α est petit, plus longtemps le jeu tend à se prolonger, mais aussi moins élevé est le risque que court le joueur de se trouver dans l'impossibilité de tenir le coup lorsque sa fortune n'est pas grande par rapport au quotient a/α. Un choix raisonnable consiste à prendre α égal à 1/2 ou à 1/3.

Bien entendu, aucune martingale ne peut prétendre être sûre; il y a toujours une faible probabilité de subir une grosse perte si l'on n'a pas un crédit illimité et le droit de jouer un enjeu illimité; mais l'on peut avoir la presque certitude d'un gain modeste, les probabilités de grosses pertes étant pratiquement négligeables.

Nous avons supposé le jeu équitable; l'existence du zéro de la roulette diminue évidemment les chances de gain.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Glycine Soja *Sieb. et Zucc.* (Soja hispida *Mœnch*). Note de M. **René Souèges**.

On n'a pas de renseignements sur les processus selon lesquels procède la segmentation dans la construction de l'embryon chez le Soja. L'attention de L. Guignard (1), en 1881, s'est surtout fixée sur l'albumen; il se contente de signaler, pour ce qui concerne l'embryon, que celui-ci diffère toujours du jeune sporophyte des autres Phaséolées (*Phaseolus*, *Erythrina*) à toutes les phases de l'accroissement et que le suspenseur est seulement représenté par un petit nombre de cellules peu développées. On ne peut se contenter de ces simples remarques. Il nous faut connaître de manière plus précise les vrais rapports du suspenseur et de l'embryon proprement dit, la part exacte que prennent à l'édification de ces deux régions fondamentales du corps les deux cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire, les règles qui président aux divisions de ces deux blastomères et d'après lesquelles ils assurent leurs fonctions histogéniques.

La tétrade proembryonnaire qui résulte de la division des cellules apicale et basale est une tétrade de la catégorie B_I, la paroi de segmentation étant plus ou moins rapprochée de la verticale dans la cellule basale, nettement inclinée dans la cellule apicale et séparant deux éléments assez dissemblables, *a* et *b* (*fig.* 2). En 3, cette tétrade est vue de profil.

---

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, 12, 1881, p. 133.

Par bipartition de ses quatre éléments, elle donne naissance à un proembryon octocellulaire (*fig.* 5) : la cellule *a*, par une cloison anticline à direction horizontale a produit deux éléments superposés (*fig.* 4 à droite, 5 à gauche) dont l'un, au sommet, se comporte

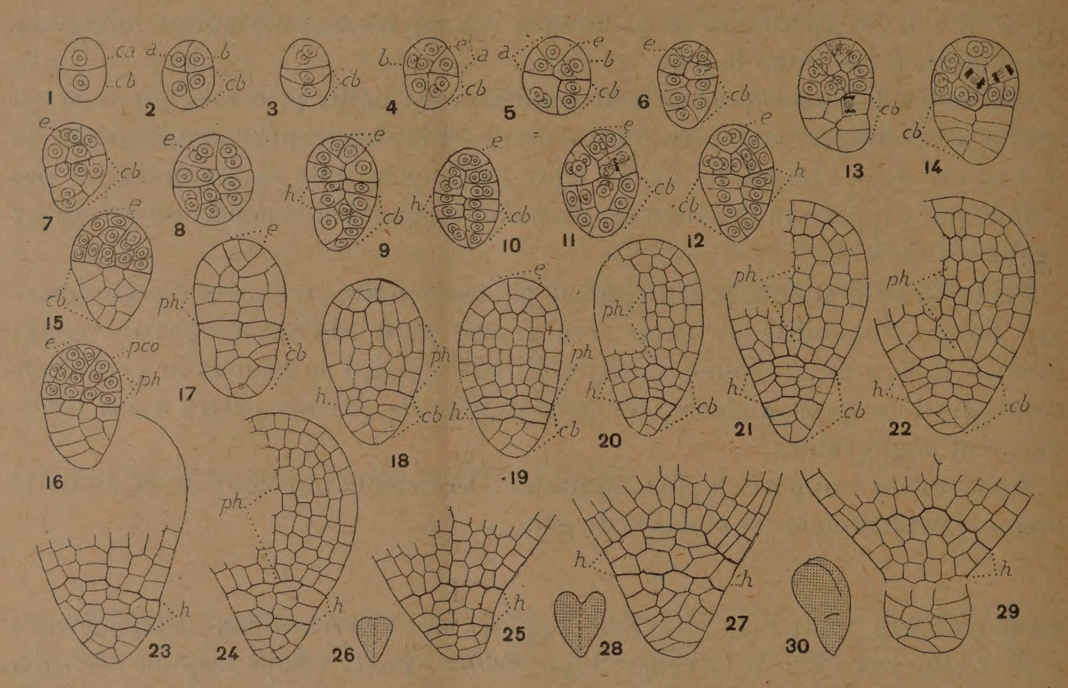


Fig. 1 à 30. — *Glycine Soja* Sieb. et Zucc. — Les principanx termes du développement de l'embryon. *a* et *b*, cellules-filles de la cellule apicale, *ca*; *cb*, cellule basale ou suspenseur *sensu lato*; *e*, épiphyse; *h*, partie supérieure du suspenseur *sensu lato* ou hypophyse; *ph*, partie hypocotylée. En 26, 28, 30, aspect général de l'embryon d'où sont tirés les détails des figures 25, 27, 29. G = 290.

comme une cellule épiphysaire; la cellule *b*, par une cloison à direction verticale, a engendré deux éléments juxtaposés (*fig.* 4 à gauche, 5 à droite). Ces quatre nouveaux éléments correspondent à des quadrants; ils prennent normalement une disposition tétraédrique.

Aux stades suivants, il est difficile de déterminer exactement la marche de la segmentation. Dans la plupart des cas, on peut aisément se rendre compte des processus de division de l'épiphyse, qui, de l'état bicellulaire (*fig* 8, 9, 10, 12), passe à l'état tricellulaire (*fig.* 16) et quadricellulaire, puis, après formation de parois périclines (*fig.* 17 à 19) offre deux assises, l'une représentant l'épiderme, l'autre les premiers éléments de la tige épicotylée. Au niveau des trois quadrants sous-épiphysaires, on ne peut, de la même manière, se faire une idée de la filiation cellulaire. Dans cette région, arrivent parfois assez tôt (*fig.* 9, 10) à s'établir des cloisons transversales (*fig.* 15, 16) qui séparent une zone correspondant, sous l'épiphyse, à la partie cotylée proprement dite, *pco*, et, inférieurement une couche représentant la partie hypocotylée, *ph*. En 18 et 19, cette dernière couche, par divisions transversales, aurait produit deux, puis trois nouvelles assises; plus tard, ces assises, en se multipliant, se disposent irrégulièrement, de sorte qu'il devient bientôt difficile de déterminer leur nombre exact et même de distinguer toute ligne de démarcation entre parties cotylée et hypocotylée.

Les éléments issus de la cellule basale offrent dans leurs processus de segmentation les mêmes irrégularités. Au cours des premières divisions, apparaissent, en règle générale,

des cloisons transversales assez bien orientées (*fig.* 9, 10, 12, 18), qui permettent, dans toute cette région issue de *cb*, de faire deux parts : l'une, *h*, au voisinage de l'embryon proprement dit, qui se comporte comme un tissu hypophysaire, l'autre, à la base, qui représente le suspenseur *sensu stricto*. Un assez grand nombre de figures, relatives à des stades précédant ceux à partir desquels il n'est plus possible de reconnaître l'origine des éléments constitutifs de l'extrémité radiculaire, ont été reproduites (*fig.* 18 à 27), pour qu'on puisse se rendre compte du rôle que joue, dans la construction de cette extrémité, la partie supérieure, *h*, du suspenseur *sensu lato* qui procède de la cellule basale. Aux stades où cette partie comprend tout au plus 2-3 assises cellulaires (*fig.* 18, 20), si l'on fait abstraction des éléments périphériques qui nécessairement entrent dans la construction des parties latérales de la coiffe, on peut voir (*fig.* 21, 22, 24, 27), que les éléments médians, voisins de l'axe, prennent surtout des cloisons transversales, pour engendrer, supérieurement, une sorte de groupement en forme de dôme qui fait plus ou moins saillie dans la masse embryonnaire, arrivant au niveau des initiales du périblème, tandis que, inférieurement, ils donnent naissance à la partie la plus médiane de la coiffe. Le tissu tout entier, dérivé de *h*, se comporte ainsi, de manière évidente, comme une hypophyse véritable. Le massif cellulaire placé au-dessous produit, dans certains cas, un suspenseur excessivement réduit (*fig.* 25); parfois, par contre, le suspenseur forme un renflement plus ou moins accentué qui arrive à se détacher avant d'être finalement résorbé par l'albumen (*fig.* 29).

De ces observations il résulte que le *Glycine Soja* appartient à une famille embryogénique qui, jusqu'ici, n'a pas de représentants dans la classification périodique. Il vient se ranger, de manière évidente, dans la première période du système, et, en outre, dans le deuxième groupe embryogénique, étant données l'origine et la disposition des éléments de la tétrade produite à la deuxième génération à partir de l'œuf. D'un autre côté, par les destinées de la cellule basale qui engendre une hypophyse véritable et le suspenseur proprement dit, le Soja se rattache au mégarchétype IV et vient ainsi occuper, dans la classification, la case, libre encore, répondant à la définition de ce mégarchétype et à celle du deuxième groupe embryogénique. Les irrégularités que présentent ses formes embryonnaires, à partir du stade octocellulaire, ne permettent pas de le considérer comme l'archétype vraiment représentatif de la nouvelle famille embryogénique. Il importe maintenant de déterminer dans quelle mesure les caractères embryogéniques des autres Phaséolées viennent à l'appui ou s'écartent de ceux du Soja.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variations de la teneur des organes du Rat en glutathion sous l'influence de l'alloxanne.* Note de MM. **Léon Binet**, **Georges Wellers** et Mlle **Madeleine Marquis**.

En 1930, R. Labes et H. Freisburger [1], constatant la facilité avec laquelle l'alloxanne réagit *in vitro* avec la cystéine et démontrant la présence du murexide dans les organes des souris et des grenouilles intoxiquées par

---

(1) *Arch. f. exp. Pathol.*, 156, 1930, p. 226.

l'alloxanne, ont émis l'hypothèse que *in vivo* l'alloxanne doit agir sur les fonctions thiols des tissus. Peu après, F. Lieben et E. Edel ([2]) ont montré que l'alloxanne réagit facilement *in vitro* avec les fonctions thiols libres des protéides. En 1937, H. de Caro et E. Rovida ([3]) ont vu que l'alloxanne provoque une diminution du taux du glutathion réduit dans le foie et l'intestin des rats intoxiqués par ce composé.

La découverte du diabète alloxannique par J. S. Dunn, H. L. Sheehan et N. G. B. Mc. Letchie ([4]) a ressuscité l'intérêt de ces premiers travaux. L'hypothèse de R. Labes et H. Freisburger a inspiré une série de travaux dans lesquels on essayait d'une part de s'opposer à l'effet diabétogène de l'alloxanne par l'emploi de doses massives de composés sulfhydrilés et d'autre part de mettre en évidence les modifications des composés sulfhydrilés des tissus sous l'effet de l'alloxanne. C'est ainsi que R. S. Leech et C. C. Bailey ([5]) ont constaté une forte baisse du glutathion réduit pendant les premiers instants qui suivent l'injection de 200^{mg} d'alloxanne par kilo de poids de Lapin. De leur côté G. Bruckmann et E. Wertheimer ([6]) sont arrivés à des conclusions analogues en ce qui concerne le sang chez les Rats. Cependant, contrairement aux conclusions de De Caro et Rovida, les auteurs américains n'ont pas observé de modifications de la teneur en glutathion réduit du foie, du rein et du pancréas des rats.

Il nous a semblé intéressant de reprendre l'étude de ce problème à cause de certaines contradictions existant entre les données de nos devanciers et aussi parce que ces derniers n'ont étudié que les variations de la fraction réduite du glutathion sans s'occuper de sa fraction oxydée et en limitant leurs recherches à un nombre trop restreint de tissus.

Nous avons choisi le Rat comme animal d'expérience. Les animaux ont reçu de l'alloxanne à la dose de 250 mg/kg par voie intrapéritonéale. Les dosages du glutathion réduit et du glutathion oxydé ont été faits suivant les méthodes décrites précédemment ([7]), ([8]).

Voici les résultats obtenus (en milligrammes pour 100^{g} de tissus frais) pour le glutathion réduit (GSH) et total (GT).

([2]) *Bioch. Zeits.*, **244**, 1932, p. 403.

([3]) *Boll. Soc. ital. Biol. sper.*, **12**, 1937, p. 611.

([4]) *Lancet*, 1943, p. 484.

([5]) *Jour. biol. Chem.*, **157**, 1945, p. 525.

([6]) *Jour. biol. Chem.*, **168**, 1947, p. 241.

([7]) L. Binet et G. Wellers, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1185; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **16**, 1934, p. 1284.

([8]) L. Binet et G. Wellers, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 870; G. Wellers, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **29**, 1947, p. 812.

Nombre d'animaux.	Temps entre l'injection d'alloxanne et la mort.	Foie		Rein		Muscle		Cœur		Poumon		Sang	
		GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.
	Témoins	200,2	253,5	159,8	192,8	31,1	51,3	86,9	140,5	74,8	106,8	45,2	54,8
9......	2 à 5 min	218,6	273,3	141,8	182,5	18,5	36,8	57,3	121,0	63,2	85,5	30,0	50,0
9......	10 à 20 min	194,5	265,9	138,5	172,1	23,2	35,1	69,0	112,2	68,1	111,3	13,2	26,0
9......	30 à 60 min	236,9	307,9	124,4	161,8	26,6	48,0	79,5	146,3	70,5	109,7	12,3	28,0
9......	3 heures	197,2	230,2	131,6	154,2	17,3	33,8	86,3	121,2	85,9	111,1	37,1	50,5
3......	17 heures	196,6	253,0	164,9	199,0	30,8	56,7	86,2	137,9	67,8	118,7	27,7	51,1
3......	24 heures	181,7	277,9	168,0	199,1	33,7	44,0	81,7	102,7	74,7	103,4	43,1	52,0

Si l'on calcule les mêmes données en pour cent des taux moyens des animaux normaux de notre élevage, on obtient les chiffres suivants :

Temps entre l'injection d'alloxanne et la mort.	Foie		Rein		Muscle		Cœur		Poumon		Sang	
	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.
Témoins...	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2 à 5 min.	109,3	107,6	89,0	94,5	60,0	70,0	65,0	86,0	84,0	80,0	66,0	91,0
10 à 20 min.	97,2	104,9	86,6	89,0	74,5	68,5	80,0	80,0	91,0	104,0	30,0	77,5
30 à 60 min.	118,4	119,0	77,9	84,0	85,5	93,5	91,5	104,0	94,0	102,0	30,0	52,0
3 heures..	98,6	90,9	81,0	80,0	55,5	66,0	100,0	86,0	115,0	104,0	82,0	92,0
17 heures..	98,3	100,0	103,0	103,0	99,0	115,0	98,0	98,0	93,0	111,0	61,0	93,0
24 heures..	90,8	109,6	105,0	103,0	108,5	86,0	94,0	73,0	100,0	97,0	95,0	95,0

Ces données permettent de tirer plusieurs conclusions intéressantes. Tout d'abord, il est important de savoir si l'alloxanne modifie le taux de réduction du gluthation. En effet, à la suite de Lieben et Edel, on admet généralement que l'alloxanne oxyde simplement les composés thiols. Nos données montrent effectivement que l'alloxanne provoque une baisse certaine du taux du glutathion réduit, c'est-à-dire son oxydation. Le degré de cette oxydation est très inégal dans les différents organes : très fort dans le sang, considérable dans les muscles cardiaque et squelettiques, relativement moins important dans le poumon et le rein et insignifiant dans le foie. Étant donné que le taux maximum d'oxydation se manifeste pendant les premières minutes qui suivent l'injection d'alloxanne (2 à 5 minutes en ce qui concerne le muscle, le cœur et le poumon; 10 à 20 minutes dans le sang; 30 à 60 minutes dans le rein) il est logique de penser qu'il s'agit d'une réaction directe entre l'alloxanne et le glutathion réduit conformément à l'hypothèse de Lieben et Edel.

Cependant, l'action de l'alloxanne ne s'arrête pas là. En effet, le taux du glutathion total subit également des modifications et ces dernières traduisent une action destructrice de l'alloxanne. Cette destruction du glutathion se fait plus lentement que son oxydation. Nos données montrent que, non seulement la destruction du glutathion est toujours postérieure à son oxydation, mais que

dans la plupart des tissus (rein, muscles squelettiques et cardiaque) le maximum de cette destruction se manifeste vers la troisième heure après l'injection de l'alloxanne, c'est-à-dire à la période d'hypoglycémie correspondant à la destruction des cellules B des îlots de Langerhans. L'ensemble de ces faits permet de supposer que c'est l'alloxanne lui-même ou son produit de réduction formé par suite de l'oxydation du glutathion réduit, qui attaque ensuite le glutathion oxydé, cette seconde réaction étant irréversible.

Il nous semble logique d'admettre que les composés thiols autres que le glutathion, réagissent avec l'alloxanne de la même façon que ce dernier et que les cellules B du pancréas ne se distinguent pas fondamentalement des cellules du rein ou du muscle quant à leur comportement vis-à-vis de l'alloxanne, à savoir que leurs composés thiols subissent d'abord une oxydation rapide, suivie d'une destruction plus tardive et plus lente. S'il en est ainsi, la destruction des cellules B du pancréas s'accompagne non pas d'une oxydation de leurs composés thiols comme on l'admet souvent, mais de la destruction irréversible de composés disulfures vitaux soit préexistants, soit formés lors du stade précédent d'oxydation.

Nous voulons souligner les différences notables dans la réponse de divers tissus à l'injection d'alloxanne si l'on en juge d'après les variations du glutathion. C'est ainsi que le foie semble réagir d'une façon insignifiante; le rein et le poumon réagissent d'une manière modérée (maximum de baisse des deux fractions du glutathion de l'ordre de 20 %); les muscles cardiaque et squelettiques réagissent bien plus intensément (baisse de deux fractions du glutathion de l'ordre de 35 à 45 %) et enfin les hématies réagissent d'une façon massive (maximum de baisse des deux fractions du glutathion de l'ordre de 50 à 70 %). Nous croyons que ces inégalités peuvent s'expliquer en premier lieu par une différence de perméabilité des différents tissus à l'alloxanne. S'il en est ainsi, on peut penser que les cellules B du pancréas sont particulièrement perméables à l'alloxanne (d'une façon analogue aux hématies), ce qui suffit pour expliquer la spécificité relative des effets diabétogènes de l'alloxanne.

En conclusion, l'injection intrapéritonéale de 250^{mg} d'alloxanne par kilo de poids du Rat provoque :

1° une oxydation rapide du glutathion réduit, particulièrement massive au niveau des hématies, considérable au niveau des muscles squelettiques et cardiaque, moins importante au niveau du rein et du poumon et insignifiante au niveau du foie;

2° une destruction du glutathion toujours postérieure à son oxydation et ayant généralement son maximum vers la troisième heure après l'injection de l'alloxanne. D'un tissu à l'autre, le degré de cette destruction suit le même ordre que celui de l'oxydation;

3° les inégalités avec lesquelles les divers tissus subissent l'action oxydante

et destructive de l'alloxanne laissent à penser que la perméabilité des différentes cellules à l'alloxanne est très différente;

4° l'ensemble de faits observés permet de supposer que l'effet diabétogène de l'alloxanne est dû à son action destructrice sur les fonctions thiols ou disulfures des cellules B des îlots de Langerhans qui sont particulièrement perméables à cette substance.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau l'*Annuaire pour l'an* 1950, publié par le Bureau des Longitudes.

M. **Gaston Julia** fait hommage de trois fascicules des *Cahiers scientifiques* publiés sous sa direction : le fascicule I : *Leçons sur quelques types simples d'équations aux dérivées partielles avec des applications à la Physique mathématique* et le fascicule III : *Leçons sur quelques équations fonctionnelles avec des applications à divers problèmes d'Analyse et de Physique mathématique*, par Émile Picard; le fascicule VIII : *Leçons sur la représentation conforme des aires simplement connexes*, par lui-même.

M. **Paul Montel** fait hommage d'un Ouvrage d'Henri Lebesgue intitulé : *Leçons sur les constructions géométriques professées au Collège de France en* 1940-1941, dont il a écrit la *Préface*.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Maurice Javillier** est élu Vice-Président pour l'année 1950, par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **Émile Borel** et **Gabriel Bertrand**, par l'unanimité des suffrages, sont réélus Membres des Commissions administratives.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voix du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre en remplacement de M. *Gustave Roussy*, décédé.

Le nombre des votants étant 68, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages		
	1er tour.	2e tour.	3e tour.
M. Antoine Lacassagne........	27	32	35
M. Paul Lévy..................	24	31	32
M. Jean-Jacques Trillat.......	11	4	–
M. Georges Deflandre.........	3	–	–
M. Pierre Girard..............	1	–	–
Bulletins blancs..............	1	1	1
Bulletins nuls................	1	–	–

M. **Antoine Lacassagne**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

CORRESPONDANCE.

L'**Union française universitaire** invite l'Académie à se faire représenter à la cérémonie qui aura lieu au Panthéon, le 18 décembre 1949, pour commémorer l'anniversaire du décès de M. Paul Langevin.

La Section de Physique générale est désignée.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Constantin Levaditi. *Images électroniques en Microbiologie.*

2° Rémy Chauvin. *Physiologie de l'insecte. Les grandes fonctions, le comportement, écophysiologie* (présenté par M. Grassé).

3° Conseil international des Unions scientifiques. *Sixième rapport de la Commission pour l'étude des relations entre les phénomènes solaires et terrestres.*

4° *Arkiv för matematik* utgivet av K. Svenska Vetenskapsaks-akademien. Band I. Häfte 1.

5° *The science reports of the Tôhoku University.* Fifth Series. Geophysics. Volume I, number 1.

Il signale également quatre Ouvrages polycopiés :

1° Jean Hurault. *Conseils aux jeunes opérateurs géographes appelés à servir en Afrique équatoriale française (Zone des savanes). — Note sur la conduite d'une mission de reconnaissance dans l'intérieur de la Guyane.*

2° Jean Hurault et André Fribourg-Blanc. *Mission astrogéodésique de l'Oyapoc (Guyane française). Juillet à novembre 1947. Rapport de fin de mission.*

3° Jean Hurault et André Sausse. *Mission astrogéodésique du Maroni (Guyane française). Juillet à décembre 1948. Rapport de fin de mission.*

ALGÈBRE. — *Sur une propriété d'une équation algébrique; application à l'étude des oscillations dans les réseaux électriques.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Considérons l'équation

$$\| a_{jk}^{(0)} z^m + a_{jk}^{(1)} z^{m-1} + \ldots + a_{jk}^{(m)} \| = 0, \tag{1}$$

le déterminant étant d'ordre n et ses éléments constitués par des polynomes en z de degré m.

Nous nous proposons de donner des conditions suffisantes pour que les racines de l'équation (1) se trouvent à l'intérieur ou à l'extérieur du cercle unité.

Supposons que l'équation (1) soit satisfaite pour une certaine valeur de z; alors le système d'équations linéaires et homogènes en $X^{(1)}$

$$(2)\qquad \sum_{k=1}^{n}(a_{jk}^{(0)}z^m+\ldots+a_{jk}^{(m)})X_k^{(1)}=0 \qquad (j=1, 2, \ldots, n)$$

admet un ensemble de solutions non nulles en $X_j^{(1)}$.

En posant

$$z^p X_k^{(1)}=X_k^{(p+1)} \qquad (p=1, 2, \ldots, m),$$

ce système est équivalent au suivant

$$(3)\qquad \begin{cases} \displaystyle\sum_{k=1}^{n}a_{jk}^{(0)}X_k^{(m+1)}+\sum_{k=1}^{n}a_{jk}^{(1)}X_k^{(m)}+\ldots+\sum_{k=1}^{n}a_{jk}^{(m)}X_k^{(1)}=0 & (j=1, 2, \ldots, n)\\ \qquad\qquad -X_k^{(m+1)}+zX_k^{(m)}=0 & \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & (k=1, 2, \ldots, n)\\ \qquad\qquad -X_k^{(2)}\quad -zX_k^{(1)}=0 & \end{cases}$$

qui admet des solutions non nulles en $X_k^{(1)}, \ldots, X_k^{(m+1)}$ $(k=1, 2, \ldots, n)$.

Pour qu'il en soit ainsi, il faut que l'on ait

$$\begin{vmatrix} \|a_{jk}^{(0)}\| & \|a_{jk}^{(1)}\| & \|a_{jk}^{(2)}\| & \ldots & \|a_{jk}^{(m-1)}\| & \|a_{jk}^{(m)}\| \\ -I_n & zI_n & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & -I_n & zI_n & \ldots & 0 & 0 \\ . & \ldots & \ldots & \ldots & . & . \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & -I_n & zI_n \end{vmatrix}=0,$$

la notation $\|a_{jk}^{(\lambda)}\|$ représentant le déterminant de la matrice formée avec les coefficients $a_{jk}^{(\lambda)}$ et I_n la matrice unité d'ordre n.

D'après un théorème classique de M. Hadamard, ce déterminant ne peut s'annuler si

$$|z|>1,$$

$$|a_{jj}^{(0)}|>\sum_{k\neq j}|a_{jk}^{(0)}|+\sum_{k}|a_{jk}^{(1)}|+\ldots+\sum_{k}|a_{jk}^{(m)}| \qquad (j, k, =1, 2, \ldots, n).$$

Ainsi des conditions suffisantes pour que l'équation (1) ait ses racines à l'intérieur du cercle unité sont

$$(4)\qquad |a_{jj}^{(0)}|>\sum_{k\neq j}|a_{jk}^{(0)}|+\sum_{k}|a_{jk}^{(1)}|+\ldots+\sum_{k}|a_{jk}^{(m)}| \qquad (j, k=1, 2, \ldots, n)$$

On en déduirait immédiatement des conditions suffisantes pour que les racines de (1) soient en module inférieures à un nombre donné $\lambda > 0$.

La même méthode permet de donner également des conditions suffisantes pour que l'équation (1) ait ses racines à l'extérieur du cercle unité; elles s'écrivent

$$(5)\qquad |a_{jj}^{(m)}| > \sum_{k\neq j} |a_{jk}^{(m)}| + \sum_{k} |a_{jk}^{(m-1)}| + \ldots + \sum_{k} |a_{jk}^{(0)}| \qquad (j, k = 1, 2, \ldots, n)$$

et l'on peut également en déduire des conditions suffisantes pour que les racines de (1) soient supérieures en module à un nombre donné $\mu > 0$.

II. On sait que l'équation aux fréquences propres d'un réseau passif et dissipatif à n mailles indépendantes est du type (1) avec $m = 2$, le déterminant étant *symétrique*, d'ordre n et les coefficients du polynome en z *réels*.

Il est d'autre part connu que les matrices formées avec les coefficients $a_{jk}^{(0)}$, $a_{jk}^{(1)}$ et $a_{jk}^{(2)}$ sont définies positives et que par suite toutes les racines de (1) sont, dans le cas de $m = 2$, à partie réelle négative.

Des conditions suffisantes pour que ces racines soient en module inférieures à un nombre λ donné sont, comme on le voit facilement,

$$(6)\qquad \lambda^2 |a_{jj}^{(0)}| > \lambda^2 \sum_{k\neq j} |a_{jk}^{(0)}| + \lambda \sum_{k} |a_{jk}^{(1)}| + \sum_{k} |a_{jk}^{(2)}| \qquad (j, k = 1, 2, \ldots, n).$$

On pourra ainsi définir des réseaux maillés ayant des fréquences complexes inférieures en module à un nombre donné.

De même, des conditions suffisantes pour que ces racines soient, en module, supérieures à un nombre μ donné s'écrivent

$$(7)\qquad \frac{1}{\mu^2} |a_{jj}^{(2)}| > \frac{1}{\mu^2} \sum_{k\neq j} |a_{jk}^{(2)}| + \frac{1}{\mu} \sum_{k} |a_{jk}^{(1)}| + \sum_{k} |a_{jk}^{(0)}| \qquad (j, k = 1, 2, \ldots, n)$$

et l'on saura définir des réseaux dont les fréquences complexes sont supérieures, en module à un nombre donné.

De plus, μ et λ étant donnés ($\mu < \lambda$), on pourra choisir les coefficients $a_{jk}^{(l)}$ de façon que (6) et (7) soient satisfaites simultanément; on saura ainsi caractériser des réseaux maillés dont les fréquences complexes seront, en module, comprises entre les limites μ et λ.

Les considérations précédentes permettent enfin de construire les réseaux maillés dont les fréquences complexes se trouvent toutes à l'intérieur d'une circonférence ayant son centre sur l'axe réel et située tout entière à gauche de l'axe des imaginaires.

Ces résultats complètent ceux d'un travail antérieur où nous avons donné une méthode de calcul d'une limite supérieure de la partie réelle des fréquences complexes [1].

---

[1] *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1400.

THÉORIE DES GROUPES. — *Les classes de substitutions d'un groupe imprimitif et les bases d'un groupe imprimitif* saturé. Note (*) de Mlle **Sophie Piccard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit n un entier composé ≥ 4, soit G un groupe imprimitif de substitutions de degré n qui permutent les éléments 1, 2, ..., n. Soit $E = \{1, 2, \ldots, n\}$, soit $E = E_1 + E_2 + \ldots + E_p$ une décomposition de l'ensemble E en systèmes d'imprimitivité de G, soit p le nombre de ces systèmes et soit k le nombre d'éléments que comprend chaque ensemble $E_i (i = 1, 2, \ldots, p)$. On a $kp = n$. Soit g le groupe de substitutions de degré p qui permutent les éléments 1, 2, ..., p, associé à G et composé de toutes les substitutions $\sigma = (1, 2, \ldots, p / i_1, i_2, \ldots, i_p)$, telles qu'il existe au moins une substitution S de G qui transforme E_j en E_{i_j}, $j = 1, 2, \ldots, p$. On sait que les groupes G et g sont isomorphes. On établit un isomorphisme entre ces deux groupes en faisant correspondre à toute substitution S de G la substitution $\sigma = (1, 2, \ldots, p / i_1, i_2, \ldots, i_p)$ de g, telle que S transforme E_j en E_{i_j}, quel que soit $j = 1, 2, \ldots, p$. Nous dirons que la substitution σ de g est l'associée de la substitution S de G lorsqu'elle correspond à S dans l'isomorphisme indiqué de G à g. Soit S une substitution quelconque du groupe G. Nous dirons qu'elle est de classe C_{I} si elle est paire et qu'elle est de classe C_{II} si elle est impaire. Nous dirons que S est de classe C_{III} si la substitution S et son associée σ sont simultanément paires ou impaires et nous dirons que S est de classe C_{IV} si l'une des deux substitutions S, σ est paire et si l'autre est impaire. Enfin nous dirons que la substitution S est de classe C_{V} si la substitution associée σ est paire et nous dirons que S est de classe C_{VI} si la substitution associée σ est impaire ([1]). On démontre sans peine que si deux substitutions S et T de G font partie de la classe C_j ou de la classe C_{j+1} ($j = i, iii, v$), alors ST fait toujours partie de la classe C_j, alors que si l'une des deux substitutions S, T fait partie de la classe C_j, tandis que l'autre fait partie de C_{j+1}, la substitution ST appartient à C_{j+1}, $j = i, iii, v$.

Nous dirons que le groupe G est *saturé* par rapport aux systèmes d'imprimitivité $E_j (j = 1, 2, \ldots, p)$, s'il contient toutes les substitutions du groupe symétrique $\mathfrak{S}_n$ des substitutions des éléments 1, 2, ..., n qui admettent les ensembles $E_j (j = 1, 2, \ldots, p)$ pour systèmes d'imprimitivité. Si le groupe G est saturé par rapport aux systèmes d'imprimitivité $E_j (j = 1, 2, \ldots, p)$, la décomposition de l'ensemble E en systèmes d'imprimitivité de G est *unique* de sorte que le nombre p des systèmes d'imprimitivité et le nombre k d'élé-

---

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) La numérotation des classes de substitutions d'un groupe imprimitif que nous donnons ici est différente de celle de notre Note des *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 693-695.

ments que contient chacun de ces systèmes sont des invariants du groupe G. Tout groupe imprimitif saturé G contient des substitutions de chacune des six classes C_{I}, C_{II}, C_{III}, C_{IV}, C_{V}, C_{VI}. Les substitutions de chacune des classes C_{I}, C_{III}, C_{V} forment un sous-groupe distingué de G, dont l'ordre est égal à la moitié de l'ordre de G. Ces trois sous-groupes sont distincts. Deux substitutions conjuguées d'un groupe imprimitif saturé font simultanément partie de la même classe C_j ou C_{j+1}, quel que soit $j=$ I, III ou V.

Soit S une substitution quelconque du groupe imprimitif saturé G et soit σ la substitution associée à S du groupe g. Soit q le nombre total de cycles de S (y compris les cycles d'ordre 1) et soit s le nombre total de cycles de σ (y compris ceux d'ordre 1). La substitution S fait partie de la classe C_{I} (C_{II}) si le nombre $kp+q$ est pair (impair), elle fait partie de la classe C_{V} (C_{VI}) si le nombre $p+s$ est pair (impair); enfin S fait partie de la classe C_{III} (C_{IV}) si les nombres $kp+q$ et $p+s$ sont de même parité donc si le nombre $(k+1)p+q+s$ est pair (si les deux nombres $kp+q$ et $p+s$ sont de parité différente donc si $(k+1)p+q+s$ est un nombre impair). Toute substitution S du groupe G fait partie de l'une au moins des trois classes C_{I}, C_{III}, C_{V}. Donc, d'après ce qui précède, deux substitutions conjuguées d'un groupe imprimitif saturé G ne sauraient engendrer ce groupe ([2]). En particulier, deux substitutions circulaires de degré n ne sauraient engendrer un groupe imprimitif saturé. Cependant tout groupe imprimitif saturé est à *base du second ordre*, autrement dit possède des couples d'éléments générateurs, sans être jamais cyclique. Notamment si $p=2$, le groupe G a pour base les deux substitutions $S=(1, 2, \ldots, n)$, $T=(1, 1+p)$, quel que soit $k\geqq 2$. Si $k=2$, alors que le nombre $p=n/2$ est quelconque, G a pour base les deux substitutions $S=(1, 2, \ldots, n)$, $T=(1, 2, \ldots, p-1, 1+p, 2+p, \ldots, 2p-1)$. Si $p=3$ et si k est un entier quelconque, pair ou impair, >2, G a pour base

$$S=[1, 2, 1+p, 2+p, \ldots, 1+(k-2)p, 2+(k-2)p][1+(k-1)p, 2+(k-1)p],$$
$$T=[1, 3, 1+p, 3+p, \ldots, 1+(k-1)p, 3+(k-1)p].$$

Si k est un nombre impair quelconque >3 et si p est un entier quelconque >3, G a pour base les deux substitutions

$$S=[1, 2, 3, 1+p, 2+p, 3+p, \ldots, 1+(k-1)p, 2+(k-1)p, 3+(k-1)p][4, 4+p]$$

et $T=(1, 2, \ldots, kp)$, si p est pair, ou

$$T=[1, 2, 4, \ldots, p, 1+p, 2+p, 4+p, \ldots, 2p, \ldots, 1+(k-1)p, 2+(k-1)p, 4+(k-1)p, \ldots, kp] \quad \text{si } p \text{ est impair.}$$

Enfin, si k est pair $\geqq 4$ et si p est un entier quelconque >3, alors G a pour

(2) De même deux substitutions conjuguées de tout groupe imprimitif Γ qui contient au moins une substitution de l'une des classes C_{II}, C_{IV}, C_{VI} ne sauraient constituer une base de Γ.

base les deux substitutions

$$S = [1, 2, 3, 1+p, 2+p, 3+p, \ldots, 1+(k-2)p, 2+(k-2)p, 3+(k-2)p]$$
$$[1+(k-1)p, 2+(k-1)p, 3+(k-1)p][4, 4+p]$$

et $T = 1, 2, \ldots, n$.

Quels que soient les entiers $k \geq 2$, $p \geq 2$ le nombre total de bases du groupe imprimitif de substitutions des éléments $1, 2, \ldots, n = kp$, saturé par rapport aux systèmes d'imprimitivité $E_i = \{i, i+p, \ldots, i+(k-1)p\}$, $(i = 1, 2, \ldots, p)$, est un multiple de l'ordre $N = p!(k!)^p$ de G, si $k > 2$, ou un multiple de $N/2$, si $k = 2$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorème de composition pour l'équation de Truesdell.* Note (*) de M. **Georges F. D. Duff**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons les fonctions $F(z, \alpha)$ de deux variables complexes, qui satisfont à l'équation différentielle et aux différences finies

(1) $$\frac{d}{dz}F(z, \alpha) = F(z, \alpha+1),$$

qu'on appellera *l'équation* F. Truesdell a démontré dans son essai [1], qu'il existe une solution, et une seule, de cette équation, qui tend vers une fonction donnée $\Phi(\alpha)$ quand z tend vers zéro, $R(\alpha) > \alpha_0$. Cette solution s'exprime par la série

(2) $$F(z, \alpha) = \sum_{n=0}^{\infty} \Phi(\alpha+n)\frac{z^n}{\lfloor n}, \qquad R(\alpha) > \alpha_0,$$

supposée convergente pour $|z| < R$. Posons $\Phi(\alpha) = F(y, \alpha)$; on a immédiatement la série génératrice de Truesdell :

(3) $$F(z+y, \alpha) = \sum_{n=0}^{\infty} F(y, \alpha+n)\frac{z^n}{\lfloor n}, \qquad R(\alpha) > \alpha_0.$$

Dans cette Note je donne une généralisation de la formule (3), généralisation construite afin de donner la somme d'une série génératrice de la forme

(4) $$\sum_{n=0}^{\infty} F_1(x, \alpha+n) F_2(y, \alpha+n)\frac{z^n}{\lfloor n},$$

(*) Séance du 28 novembre 1949.

[1] C. Truesdell, *An Essay toward a unified Theory of special Functions* (*Princeton University Press*, 1948).

$F_1(x, \alpha)$ et $F_2(y, \alpha)$ étant tous les deux solutions de l'équation F, et aussi la somme d'autres séries analogues.

On voit que les fonctions qui peuvent s'exprimer sous la forme d'une intégrale curviligne

$$\int_C w^\alpha e^{zw} f(w)\, dw, \tag{5}$$

constituent une classe assez large de solutions de l'équation F. Par exemple, on pourrait obtenir une telle représentation par l'inversion d'une intégrale de Mellin pour $\Phi(\alpha)$. Supposons qu'il y ait deux contours C_1, C_2 tels que, quand $u \in C_1$ et $v \in C_2$, le produit $uv \in$ un troisième contour C_3. Nous avons alors deux solutions correspondantes $F_1(x, \alpha)$, $F_2(y, \alpha)$ de l'équation F, données par deux intégrales (5), lesquelles soient admises comme absolument et uniformément convergentes si $x \sim 0$, $y \sim 0$, $R(\alpha) > \alpha_0$.

THÉORÈME. — *Admettons qu'il existe une solution* $G(z, \alpha)$ *de l'équation* F *qui tende vers le produit* $F_1(x, \alpha)$ $F_2(y, \alpha)$ *lorsque* $z \to 0$, $R(\alpha) > \alpha_0$. *Cette solution* $G(z, \alpha)$ *peut s'exprimer sous les cinq formes*

$$\left\{\begin{aligned} G(z, \alpha) &= \int_{C_1} w^\alpha e^{xw} f_1(w) F_2(y + zw, \alpha)\, dw \\ &= \int_{C_2} w^\alpha e^{yw} f_2(w) F_1(x + zw, \alpha)\, dw \\ &= \int_{C_1}\int_{C_2} (uv)^\alpha e^{xu+yv+zuv} f_1(u) f_2(v)\, du\, dv \\ &= \int_{C_3} w^\alpha e^{zw} g(w)\, dw \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} F_1(x, \alpha+n) F_2(y, \alpha+n) \frac{z^n}{n} \qquad [R(\alpha) > \alpha_0], \end{aligned}\right. \tag{6}$$

où

$$g(w) = \int_{C_2} e^{\frac{xw}{u}} f_1\left(\frac{w}{u}\right) e^{yu} f_2(u) \frac{du}{u} = \int_{C_1} e^{\frac{yw}{u}} f_2\left(\frac{w}{u}\right) e^{xw} f_1(u) \frac{du}{u}, \tag{7}$$

et dont les deux premières et la quatrième suggèrent les notations

$$G(z, \alpha) = F_1(x, \alpha)^* F_2(y, \alpha) = \int_{C_3} w^\alpha e^{zw} [e^{xw} f_1(w)^* e^{yw} f_2(w)]\, dw.$$

[On écrit $f_i(w) = 0$ si $w \notin C_i$].

Démonstration. — Chacune des expressions ci-dessus existe pour des valeurs de x, y, z convenablement choisies, $R(\alpha) > \alpha_0$. Chacune satisfait à l'équation F, et tend vers $F_1(x, \alpha)$, $F_2(y, \alpha)$ quand $z \to 0$. On prend la précaution qu'aucun point singulier des intégrandes ne traverse ni C_1, ni C_2 au cours de ce passage à la limite. En vertu du théorème de Truesdell, ces expressions représentent une même fonction analytique de z pour toutes les valeurs de z pour lesquelles elles existent.

Ce théorème nous fournit plusieurs transformations pour les solutions de l'équation F. De plus, on pourrait trouver facilement d'autres généralisations des formules (6). Il y a un théorème analogue pour n solutions (5) de l'équation F. Puisque Truesdell a donné une liste étendue de solutions qui se rattachent aux fonctions spéciales usuelles, les formules telles que (6) se prêtent immédiatement à des applications diverses.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Note sur une formule opératoire nouvelle en calcul symbolique.* Note (*) de M. **Paul Delerue**, présentée par M. Henri Villat.

Nous appelons fonctions hyperbesséliennes d'ordre r les fonctions définies par

$$J_{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_r} = \frac{\left(\frac{x}{r+1}\right)^{\lambda_1+\lambda_2+\ldots+\lambda_r}}{\Gamma(\lambda_1+1)\ldots\Gamma(\lambda_r+1)}\, {}_0F_r\left[\lambda_1+1, \ldots, \lambda_r+1 ; -\left(\frac{x}{r+1}\right)^{r+1}\right].$$

En utilisant ces fonctions, nous avons obtenu les formules opératoires [où $\varphi(p) \subset f(x)$]

$$(1) \quad \varphi\left(\frac{1}{p^r}\right) \subset \frac{\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(1-\frac{1}{r}\right)}{r^{\frac{r}{2}}} x^{\frac{r}{2}} \int_0^\infty J_{\frac{1}{r}, \frac{2}{r}, \ldots, \frac{r-1}{r}, 1}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right]\frac{f(S)\, dS}{\sqrt{S}}$$

et plus généralement

$$(2) \quad p^r\varphi\left(\frac{1}{p^r}\right) \subset \Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(1-\frac{1}{r}\right)\left(\frac{x}{r}\right)^{\frac{r(r-1)}{2(r+1)}} \times \int_0^\infty S^{\frac{r-1}{2(r+1)}} J_{0, -\frac{1}{l}, \ldots, -\left(1-\frac{1}{r}\right)}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right] f(S)\, dS.$$

$$(3) \quad p^{r(1-K)}\varphi\left(\frac{1}{p^r}\right) \subset \frac{1}{A}\,\frac{x^{\frac{r^2+(2K-1)r}{2(r+1)}}}{r^{\frac{(1-2K)r^2-r}{2(r+1)}}}\int_0^\infty S^{\frac{r-1-2Kr}{2(r+1)}} J_{K, K-\frac{1}{r}, \ldots, K-\frac{(r-1)}{r}}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right] f(S)\, dS,$$

où r est un entier positif, K un nombre positif quelconque et

$$A = \frac{\Gamma(kr)}{\Gamma(k)\Gamma\left(k+\frac{1}{r}\right)\cdots\Gamma\left(k+1-\frac{n}{r}\right)}.$$

Démontrons la formule (1) : la méthode est analogue pour (2) et (3). Par définition

$$\varphi\left(\frac{1}{p^r}\right) = \frac{1}{p^r}\int_0^\infty e^{-\frac{S}{p^r}} f(S)\, dS.$$

(*) Séance du 28 novembre 1949.

Or,

$$\frac{1}{p^r} e^{-\frac{S}{p^r}} = \frac{1}{p^r} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n S^n}{p^{nr} n!} \subset \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n S^n x^{nr+r}}{n!(nr+r)!} = x^r \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n S^n x^{nr}}{n!(nr+r)!}.$$

D'autre part,

$$J_{\frac{1}{r}, \frac{2}{r}, \ldots, \frac{r-1}{r}, 1}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right]$$

$$= \frac{\sqrt{S}\left(\frac{x}{r}\right)^{\frac{r}{2}}}{\Gamma\left(1+\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(1+\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma(2)}\, {}_0F_r\left(\frac{1}{r}+1, \frac{2}{r}+1, \ldots, 2; -S\frac{x^r}{r^r}\right)$$

$$= \sqrt{S}\left(\frac{x}{r}\right)^{\frac{r}{2}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n S^n x^{nr}}{\Gamma\left(\frac{1}{r}+1+n\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}+1+n\right)\cdots\Gamma(n+2) r^{nr} n!}.$$

Or,

$$\Gamma\left(\frac{1}{r}+1+n\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}+1+n\right)\cdots\Gamma(n+2) = \frac{(nr+r)!}{r^r}\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(\frac{r-1}{r}\right).$$

Donc

$$J_{\frac{1}{r}, \frac{2}{r}, \ldots, \frac{r-1}{r}, 1}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right] = \frac{\sqrt{S}\left(\frac{x}{r}\right)^{\frac{2}{r}} r^r}{\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(\frac{r-1}{r}\right)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n S^n x^r}{n!(nr+r)!},$$

et par conséquent

$$\frac{1}{p^r} e^{-\frac{S}{p^r}} \subset \frac{\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(\frac{r-1}{r}\right)}{\sqrt{S}\, r^{\frac{r}{2}}} x^{\frac{r}{2}} J_{\frac{1}{r}, \frac{2}{r}, \ldots, \frac{r-1}{2r}, 1}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right].$$

D'où, en multipliant les deux membres de cette égalité symbolique par $f(S)\,dS$ et en intégrant, on obtient la formule (1).

Application aux équations intégrales. — I. Envisageons par exemple l'équation intégrale (4), où $f(x)$ est la fonction inconnue

$$\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{2r}\right)\cdots\Gamma\left(1-\frac{1}{2r}\right)}{(2r)^r} x^r \int_0^{\infty} J_{\frac{1}{2r}, \frac{2}{2r}, \ldots, \frac{2r-1}{2r},}\left[(2r+1)\sqrt[2r+1]{\frac{Sx^{2r}}{(2r)^{2r}}}\right]\frac{f(S)}{\sqrt{S}}\,dS$$

$$= \frac{\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(1-\frac{1}{r}\right)}{r^{\frac{r}{2}}} x^{\frac{r}{2}} \int_0^{\infty} J_{\frac{1}{r}, \frac{2}{r}, \ldots, \frac{r-1}{r},}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right]\frac{g(S)}{\sqrt{S}}\,dS.$$

Si l'on pose $f(x) \subset \varphi(p)$ et $g(x) \subset \theta(p)$ et si l'on applique à (4) la transformation de Carson, on aura, d'après (1),

$$\varphi\left(\frac{1}{p^{2r}}\right) = \theta\left(\frac{1}{p^r}\right) \qquad \text{ou} \qquad \varphi(q) = \theta(\sqrt{q}),$$

en posant $1/p^{2r}=q$ et

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{\pi x}}\int_0^\infty e^{-\frac{S^2}{4x}}g(S)\,dS.$$

II. De même, si l'on applique la relation symbolique (3), on peut construire l'équation intégrale, qui, après transformation de Carson, donne

$$p^{2r(1-k)}\varphi\left(\frac{1}{p^{2r}}\right)=p^{r(1-k')}\theta\left(\frac{1}{p^r}\right),$$

ou, en posant $1/p^{2r}=q$

$$\varphi(q)=q^{\frac{1}{2}+\frac{k'}{2}-k}\theta(\sqrt{q}).$$

Donc, si $(1+k')/2-k=n/2$ (n entier positif), la solution de l'équation intégrale sera

$$f(x)=\frac{1}{2^n x^{\frac{n+1}{2}}\sqrt{\pi}}\int_0^\infty e^{-\frac{S^2}{4x}}\mathrm{H}_n\left(\frac{S}{2\sqrt{x}}\right)g(S)\,dS,$$

H_n polynome d'Hermite de degré n.

CALCUL INTÉGRAL. — *Deux formes de la transformation de Green.* Note (*) de M. **Clifford Truesdell**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans cette Note nous donnons deux formes assez générales de la transformation de Green d'une intégrale de volume en intégrale de surface, formes qui renferment plusieurs cas spéciaux connus et utiles en Mécanique et en Physique théorique.

2. Soit $\vec{b}$ un vecteur, et définissons ses *puissances polyadiques* $\vec{b}^{(n)}$ par

(1) $\vec{b}^{(-1)}\equiv 0,\quad \vec{b}^{(0)}\equiv 1,\quad \vec{b}^{(1)}\equiv\vec{b},\quad \vec{b}^{(2)}\equiv\vec{b}\,\vec{b},\quad \vec{b}^{(3)}\equiv\vec{b}\,\vec{b}\,\vec{b},\quad \ldots.$

Soit Σ un polyadique (tenseur) d'ordre quelconque, et soit

(2) $$\{\Sigma\vec{b}^{(n)}\}\equiv\vec{b}^{(n)}\Sigma+\vec{b}^{(n-1)}\Sigma\vec{b}+\vec{b}^{(n-2)}\Sigma\vec{b}^{(2)}+\ldots+\Sigma\vec{b}^{(n)}.$$

3. En formant div $(\vec{b}.\vec{c}.\vec{r}^{(n)})$ et grad $(\vec{b}.\vec{c}.\vec{r}^{n})$, où $\vec{b}$ et $\vec{c}$ sont des champs vectoriels arbitraires et $\vec{r}$ le rayon vecteur, par deux applications du théorème de Green, il vient

(3) $$\oint_S\left[d\vec{S}.(\vec{b}\,\vec{c}+\vec{c}\,\vec{b})\vec{r}^{(n)}-d\vec{S}.\vec{b}.\vec{c}\,\vec{r}^{(n)}\right]$$
$$=\int_V\Big[\vec{b}\{\vec{c}\,\vec{r}^{(n-1)}\}+\vec{c}\{\vec{b}\,\vec{r}^{(n-1)}\}-\vec{b}.\vec{c}\,\{\vec{r}^{(n-1)}\mathrm{I}\}$$
$$+\left(\mathrm{rot}\,\vec{c}\wedge\vec{b}+\mathrm{rot}\,\vec{b}\wedge\vec{c}+\vec{b}\,\mathrm{div}\,\vec{c}+\vec{c}\,\mathrm{div}\,\vec{b}\right)\vec{r}^{(n)}\Big]\,dV.$$

(*) Séance du 28 novembre 1949.

Le cas spécial $n=0$, duquel on peut déduire plusieurs conséquences intéressantes, a été donné par Burgatti [1]. Parmi ces conséquences se trouve le théorème IV d'une Note récente de M. Ratip Berker [2].

Dans le cas spécial $n=1$, posons $\vec{c}=\vec{b}$, $\operatorname{div}\vec{b}=0$. En prenant le scalaire du résultat nous obtenons la formule de Lamb [3] et de J. J. Thomson [4] pour l'énergie cinétique d'un milieu incompressible; en prenant le vecteur nous obtenons une formule de Poincaré [5].

4. On a

$$\operatorname{div}\left[\vec{b}\,\vec{r}^{(n+1)}\right]=\left\{\vec{r}^{(n)}\vec{b}\right\}+\vec{r}^{(n+1)}\operatorname{div}\vec{b}, \tag{4}$$

et par conséquent

$$\int_{V}\left\{\vec{r}^{(n)}\vec{b}\right\}dV=-\int_{V}\vec{r}^{(n+1)}\operatorname{div}\vec{b}\,dV+\oint_{S}d\vec{S}.\vec{b}\,\vec{r}^{(n+1)}. \tag{5}$$

L'intégrale à gauche est le *moment polyadique symétrisé $n^{\text{ième}}$* de $\vec{b}$. Soit $\vec{b}$ le vecteur tourbillon $\vec{w}$ d'un mouvement d'un milieu continu quelconque; on a donc

$$\int_{V}\left\{\vec{r}^{(n)}\vec{W}\right\}dV=\oint_{S}d\vec{S}.\vec{W}\,\vec{r}^{(n+1)}, \tag{6}$$

et en conséquence le théorème suivant : *dans un mouvement d'un milieu continu quelconque dans un domaine borné* V *tel que : 1° le vecteur vitesse et ses dérivées premières soient continues; 2° la matière adhère aux parois* $\left(\vec{v}=0\right)$, *le moment $n^{\text{ième}}$ du vecteur tourbillon s'annule pour n quelconque.* On trouve ici une généralisation de résultats de A. Föppl [6] et de M. Ratip Berker [7].

---

(1) *Boll. Un. Mat. Ital.*, 10, 1931, p. 1-5.

(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1630-1632.

(3) *A Treatise on the Mathematical Theory of the Motion of Fluids*, Cambridge, 1879, *voir* § 136.

(4) *A Treatise on the Motion of Vortex Rings*, London, 1883, *voir* § 4.

(5) *Théorie des Tourbillons*, Paris, 1893, *voir* § 115.

(6) *Die Geometrie der Wirbelfelder*, Leipzig, 1897, *voir* 4 et 32.

(7) Corollaire à son théorème II, *loc. cit.*

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur l'intégration numérique approchée par la méthode de Gauss généralisée et sur une extension de cette méthode.* Note (*) de M. **Jean Bouzitat**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. La méthode de Gauss généralisée, proposée par MM. Mayot et Mineur ([1]), consiste à adopter comme valeur approchée d'une intégrale définie

$$J = \int_a^b \theta(x) F(x)\, dx$$

une expression

$$I = H_0 F(x_0) + H_1 F(x_1) + \ldots + H_n F(x_n).$$

$x_0, x_1, \ldots, x_n$ sont les $(n+1)$ racines x_i du polynome $G_{n+1}(x)$ de degré $(n+1)$ appartenant à la suite des polynomes orthogonaux par rapport à la fonction de base $\theta(x)$ et à l'intervalle (ab).

Soit k_n le coefficient de x^n dans $G_n(x)$; soit I_n la norme de $G_n(x)$ par rapport à la fonction $\theta(x)$ et à l'intervalle (ab).

Nous avons obtenu les expressions suivantes des coefficients H_i :

$$H_i = \frac{k_{n+1}}{k_n} \frac{I_n}{G'_{n+1}(x_i) G_n(x_i)} = -\frac{k_{n+2}}{k_{n+1}} \frac{I_{n+1}}{G'_{n+1}(x_i) G_{n+2}(x_i)}.$$

2. On peut étendre cette méthode en faisant intervenir deux abscisses particulières (par exemple les extrémités a et b) dans le calcul approché d'intégrales telles que J au moyen d'expressions de la forme

$$I' = K_0 F(x_0) + K_1 F(x_1) + \ldots + K_n F(x_n).$$

Alors, pour que $I' = J$ si $F(x)$ est un polynome arbitraire de degré aussi élevé que possible, c'est-à-dire ici $(2n-1)$ au plus, on doit prendre pour $x_0, x_1, \ldots, x_n$ les $(n+1)$ racines x_j du polynome

$$R_{n+1}(x) \equiv \alpha G_{n+1}(x) + \beta G_n(x) + \gamma G_{n-1}(x),$$

où α, β, γ sont définis à un facteur près par la condition que les deux abscisses particulières choisies figurent parmi les x_j.

Nous supposons $\alpha \neq 0$ et les $(n+1)$ racines x_j distinctes. Alors :

$$K_j = \frac{1}{R'_{n+1}(x_j)} \int_a^b \theta(x) \frac{R_{n+1}(x)}{x - x_j}\, dx \qquad (j = 0, 1, 2, \ldots, n).$$

[*Si, $\theta(x)$ étant positive ou nulle en tout point de (ab), les deux abscisses x_j*

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 741.

imposées sont les extrémités de cet intervalle, toutes les racines x_j sont réelles, distinctes et contenues dans (ab)].

On voit que l'on peut, sans nuire à la généralité, supposer

$$G_n(x_j) \neq 0 \qquad \text{quel que soit} \quad j = 0, 1, \ldots, n.$$

Nous avons obtenu, sous cette condition, l'expression suivante des K_j :

$$K_j = \left[\alpha \frac{k_{n+1}}{k_n} I_n - \gamma \frac{k_n}{k_{n-1}} I_{n-1}\right] \frac{1}{R'_{n+1}(x_j)\, G_n(x_j)}.$$

3. Dans le cas où les polynomes $G_n(x)$ sont des *polynomes hypergéométriques de Jacobi*, orthogonaux par rapport à l'intervalle $(0, 1)$ et à la fonction

$$\theta(x) = x^{q-1}(1-x)^{p-q} \qquad (q > 0,\ p - q > -1);$$

$$I_n = \frac{\Gamma(q)\Gamma(n+p-q+1)}{(2n+p)\Gamma(n+p)} \frac{n!}{q(q+1)\ldots(q+n-1)};$$

$$H_i = \frac{(2n+p+2) I_{n+1}}{x_i(1-x_i)[G'_{n+1}(x_i)]^2};$$

et, si les abscisses x_j sont les racines de $R_{n+1}(x) \equiv x(1-x)G'_n(x)$,

$$K_j = \lambda \frac{(2n+p) I_n}{n(n+p)[G_n(x_j)]^2}, \qquad \text{avec} \quad \begin{cases} \lambda = 1 & \text{pour } x_j \neq 0 \text{ et } 1; \\ \lambda = q & \text{pour } x_j = 0; \\ \lambda = p - q + 1 & \text{pour } x_j = 1. \end{cases}$$

Enfin, si les abscisses x_j sont les racines de

$$R_{n+1}(x) \equiv x(1-x)\, G'_n(x) - (n+p)\, x G_n(x) \equiv \frac{(n+p)(n+q)}{2n+p+1} [(G_{n+1}(x) - G_n(x)],$$

$$K_j = \mu \frac{(2n+p) I_n}{(n+p)(n+q)} \frac{1 - x_j}{[G_n(x_j)]^2}, \qquad \text{avec} \quad \begin{cases} \mu = 1 \text{ pour } x_j \neq 0; \\ \mu = q \text{ pour } x_j = 0. \end{cases}$$

Ces résultats généraux s'appliquent en particulier, après le changement de variable $t = (1 - 2x)$, aux *polynomes de Legendre* $(p = q = 1)$ et aux *polynomes de Tchebyscheef* $(p = 0,\ q = 1/2)$, ainsi qu'à tous les autres cas signalés par MM. Mayot et Mineur [1].

4. Dans le cas où les polynomes $G_n(x)$ sont les *polynomes de Laguerre généralisés*, orthogonaux par rapport à l'intervalle $(0, +\infty)$, et à la fonction $\theta(x) \equiv e^{-x} x^{\alpha-1}$ $(a > 0)$,

$$I_n = n!\,\Gamma(n+\alpha);$$

$$H_i = \frac{I_{n+1}}{x_i[G'_{n+1}(x_i)]^2} = \frac{I_n}{(n+1)(n+\alpha)} \frac{x_i}{[G_n(x_i)]^2},$$

(1) *Pour les seuls polynomes de Legendre*, cette expression des H_i est établie par une autre méthode dans VALIRON, *Théorie des fonctions* (Masson, 1942), p. 222. On trouve aussi dans RADAU (*Journal de Math.*, 1880, p. 283-336) ces expressions des H_i et des K_j pour les polynomes de Legendre et de Tchebyscheef, et des H_i dans le cas plus général des polynomes de Jacobi.

et, si les abscisses x_j sont les racines de $R_{n+1}(x) \equiv x G'_{n+1}(x)$

$$K_j = \lambda \frac{I_n}{(n+\alpha)[G_n(x_j)]^2}, \qquad \text{avec} \quad \begin{cases} \lambda = 1 \text{ pour } x_j \neq 0; \\ \lambda = \alpha \text{ pour } x_j = 0. \end{cases}$$

5. Dans le cas où les polynomes $G_n(x)$ sont les *polynomes d'Hermite*, orthogonaux par rapport à l'intervalle $(-\infty, +\infty)$ et à la fonction $\theta(x) = e^{-x^2}$,

$$I_n = \sqrt{2\pi}.\, n! \qquad \text{et} \qquad H_i = \frac{I_{n+1}}{[G'_{n+1}(x_i)]^2} = \frac{I_n}{(n+1)[G_n(x_i)]^2}.$$

HYDRAULIQUE. — *Essais sur modèle réduit en liaison avec les observations en nature. Leur importance pour l'étude des courants de houle.* Note de M. **Jean Laurent**, présentée par M. Donatien Cot.

L'exactitude des essais sur modèle réduit en matière hydraulique repose sur la parfaite fidélité du modèle.

Avant de lui soumettre les problèmes qu'il est chargé de résoudre, il est indispensable de s'assurer qu'il reproduit très exactement les phénomènes de la nature. L'opération qui consiste à effectuer cette vérification, et au besoin à corriger les conditions de fonctionnement du modèle pour obtenir sa fidélité, s'appelle le tarage.

On conçoit donc qu'il soit absolument nécessaire de connaître, d'une façon précise, les caractéristisques d'un certain nombre des phénomènes naturels qui seront pris, en quelque sorte, comme repères.

Or, à l'occasion de nombreuses études que nous avons antérieurement réalisées, nous avons été frappé de l'absence d'observations systématiques permettant de caractériser, d'une façon nette, les phénomènes en question. Il en est tout spécialement ainsi en ce qui concerne les phénomènes se produisant aux abords des côtes : houle, courants, transports de sable.

Convaincu de l'intérêt capital qui s'attachait à ce que, avant même d'entreprendre une étude en modèle réduit, l'on disposât de toutes les données du problème, nous avons organisé, en annexe à notre Laboratoire, un service extérieur d'études sur le terrain, dont le but est d'observer les phénomènes naturels et de chercher à définir leurs rapports de causalité.

Le personnel de cette section comporte des spécialistes des différentes disciplines intéressées : océanographie, hydrographie, sédimentologie, etc. C'est la première fois, à notre connaissance, qu'une telle organisation a été réalisée.

C'est dans ces conditions que fonctionne, depuis plus d'un an, la mission, qu'à la demande de l'Administration des Travaux Publics du Maroc, nous avons chargée d'étudier le régime de la côte, plus spécialement aux abords des ports de Safi, Agadir, Medhia, actuellement en cours d'étude au Laboratoire Central d'Hydraulique. Cette mission étend même son action sur la côte du

Maroc espagnol, en vue de la correction du port d'Arcila, dont l'étude nous a également été confiée.

Dotée de puissants moyens en matériel (elle dispose en particulier d'un bateau hydrographique), bénéficiant des conseils de la Commission Scientifique du Laboratoire, cette mission a, pendant plus d'une année, soit au cours d'un cycle complet de phénomènes saisonniers, pu se livrer à de multiples observations qui lui ont permis de définir les relations existant entre les différentes causes (houle, courants, etc.), et leurs effets sur les transports de matériaux solides, et de déceler leurs origines.

Les conclusions générales de ces observations seront communiquées lorsque le dépouillement de l'ensemble des relevés aura été terminé, ainsi que les analyses des nombreux prélèvements d'échantillons.

La liaison étroite, la collaboration constante que nous avons tenu à réaliser entre le Laboratoire et la Mission, ont donné des résultats qui ont dépassé les espérances.

En effet, il est arrivé, dans de nombreuses circonstances, que les expériences sur modèle ont mis en évidence des phénomènes qui n'avaient jamais encore été observés en nature, ce qui s'explique par le fait que les moyens habituels d'investigation sont inapplicables par période de tempête.

Un exemple particulièrement frappant illustrera ce qui précède : une plage était érodée en un point bien déterminé pour une raison jusqu'alors inconnue; or, le modèle réduit représentant la zone intéressée, a montré que, par grosse houle, un courant prenait naissance et se dirigeait vers la plage à l'endroit même où celle-ci était érodée.

Nous avons pu ainsi préciser les endroits où des observations en nature devaient être effectuées. Celles-ci, limitées et localisées, sont devenues possibles. Ces observations ont prouvé l'exactitude des indications du modèle et ont fourni des valeurs quantitatives qui ont permis d'en parachever le tarage.

C'est ainsi que notre attention a été attirée sur l'existence de courants de houle qui prennent naissance dans des circonstances déterminées de direction et d'amplitude de houle, presque exclusivement d'ailleurs par gros temps. L'existence de ces courants n'a été jusqu'ici que très rarement signalée, en raison précisément de l'impossibilité dans laquelle on se trouve de procéder à des observations systématiques par forte houle.

Rappelons que l'on trouve quelques indications sur ces courants, dans une étude de M. Iribarren, qui les attribue à une surélévation du niveau moyen, provoquée par les vagues.

Nos études en modèle réduit, confrontées avec les travaux de notre Mission, nous ont montré que ces courants de houle ont une importance capitale sur les mouvements de sable entraînant l'envahissement des ports ou l'érosion des côtes, et nous en avons entrepris une étude systématique, dont nous ferons connaître ultérieurement les résultats.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'homogénéité spatio-temporelle dans les phénomènes ondulatoires et sur le problème des énergies négatives.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons, dans deux précédentes Notes, fait ressortir que, dans l'Univers de Minkowski, le hachage d'une onde équivaut à une diffraction par un hyper-écran du genre temps ([1]); la conservation de la longueur de la quadri-fréquence, équivalente à celle de la masse propre des corpuscules, transpose ici la conservation de la longueur d'onde (ou de son inverse) en théorie classique de la diffraction.

Dans ces calculs, les fréquences émergentes positives et négatives apparaissent de manière homogène, et toutes doivent être conservées pour qu'on ait un système complet; l'*électron à énergie négative*, notamment, apparaît avec la même interprétation que dans la nouvelle théorie de Feynman ([2]); l'annihilation d'une paire est assimilée à une diffusion, et, dans notre cas, l'énergie ainsi libérée doit être cédée au mécanisme de hachage. Dans nos calculs, comme dans ceux de Feynman, surgit la notion d'une *causalité avancée*, dont l'interprétation ne pourra qu'être ardue.

En guise de nouvelle approche à ce problème, nous allons développer quelques conséquences de nos raisonnements, et faire apparaître le lien étroit qu'elles ont avec le difficile problème d'interprétation soulevé par les belles expériences de diffusion de R. Lennuier ([3]).

Classiquement, un prolongement naturel de la théorie de la diffraction est celle des réseaux. Si λ_0 est le nombre de traits par centimètre d'un réseau ordinaire, ou *fréquence spatiale* du réseau, λ_i celle, dans la même direction, d'une onde plane incidente parallèle aux traits ([4]), λ_d celles, toujours dans la même direction, des ondes planes diffusées, qui sont également parallèles aux traits, un raisonnement simple donne immédiatement

$$\lambda_d = \lambda_i + n\lambda_0 \qquad (n \text{ entier quelconque}),$$

ce qui est l'expression la plus intuitive de la formule fondamentale des réseaux linéaires. De même, un prolongement naturel de la théorie *spatialisée* du hachage sera celle du *réseau temporel*, défini comme un phénomène périodique affectant, avec la fréquence propre ν_0, un point immobile dans un certain

---

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 724-726 et 227, 1948, p. 1210-1212.

([2]) *Physical Review*, 76, 1949, p. 749-759 et 769-789.

([3]) *Annales de Physique*, 20, 1945, p. 91-110 et 2, 1947, p. 233-332.

([4]) Nous disons *parallèle aux traits* et non *parallèle au plan des traits*.

repère galiléen G_0. Le même raisonnement que précédemment montre qu'une onde plane incidente de fréquence ν_i sera diffusée en superposition d'ondes sphériques de fréquences

$$\nu_d = \nu_i + n\nu_0 \qquad (n \text{ entier quelconque});$$

on vérifie aisément ce résultat en se reportant à la théorie de Fermi du choc d'un corpuscule contre un rotateur ([5]). Ainsi, pour un *ordre de diffusion* négatif n suffisamment élevé, le *réseau temporel* doit faire passer le corpuscule incident dans un état à fréquence négative.

En fait, les fréquences de rotateurs ν_0 sont toujours très basses devant les fréquences quantiques ν_i, et le module du n négatif devrait être très grand pour que le problème considéré se présente expérimentalement. La question s'améliore déjà si, maintenant, ν_0 désigne l'échelon de transition quantique d'un rotateur sphérique; les échelles, bien connues, de raies Raman de rotation illustrent ainsi fort clairement notre notion du *réseau temporel*. Mais, si l'on veut que le problème d'interprétation des fréquences négatives se présente avec acuité sur un cas concret, c'est évidemment vers un effet Raman atomique qu'il faut se tourner.

R. Lennuier a montré, par la théorie, classique et quantique, et par l'expérience, qu'on peut exciter une raie de résonance atomique $\nu_0 = \nu_2 - \nu_1$ au moyen d'une fréquence incidente ν_i différente de ν_0, mais voisine. Or, dans ce cas, la théorie quantique prévoit que le phénomène primaire est un effet Raman, comportant l'émission d'une raie $\nu_i - \nu_0$ ([6]); la présence, constatée, de la raie de résonance serait ainsi la preuve indirecte de celle de la raie Raman $\nu_i - \nu_0$ ([7]). Où le problème d'interprétation se pose avec acuité, c'est lorsqu'on a, comme R. Lennuier l'a effectivement réalisé, $\nu_i - \nu_0 < 0$.

Sans vouloir aucunement préjuger de la véritable interprétation du phénomène paradoxal découvert par R. Lennuier, nous avons voulu montrer l'intime parenté qu'elle doit avoir avec celles que postulent la théorie de Feynman et nos propres calculs.

([5]) *Voir* L. de Broglie, *La Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules*, 1939, p. 99-105. La théorie de Fermi est non relativiste, et les fréquences négatives n'y apparaissent pas.

([6]) *Voir* L. de Broglie, *La Mécanique ondulatoire du photon*, 2, 1942, formule (15), p. 104.

([7]) Les règles de sélection interdiront, en général, la présence des mêmes niveaux fins dans la raie Raman, postulée, et dans la raie de résonance, expérimentalement constatée.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le spectre des étoiles carbonées.* Note (*) de MM. **Roger Bouigue** et **Charles Fehrenbach**, présentée par M. André Danjon.

Une nouvelle bande de la molécule CN ayant été trouvée par G. Herzberg et J. G. Philips [1] dans l'infrarouge à 10 933 Å, l'ancienne bande (0,0) à 9 140 Å devient la bande (1,0); il en résulte une augmentation de 1 unité pour toutes les anciennes valeurs du nombre quantique v' du niveau supérieur $^2\Pi$. Aussi, en vue de comparer à la théorie les résultats obtenus par l'un de nous [2] sur des étoiles carbonées (classe C), nous avons repris les calculs des probabilités de transition pour le système rouge de CN à partir de l'expression donnée par Hutchisson [3] et des nouvelles constantes moléculaires données par les premiers auteurs pour le niveau supérieur. (Seule l'expression r_e a été modifiée : nous avons pris la valeur $r_e = 1{,}2297 \cdot 10^{-8}$ cm qui nous a paru plus exacte.) En normalisant de telle manière que la probabilité de transition pour la bande (0,0), soit l'unité (1,000), on a pour les séquences étudiées :

Séquence 4	(4,0)	(5,1)	(6,2)	(7,3)	(8,4)
Probabilité	0,020	0,065	0,127	0,189	0,233
Séquence 5	(5,0)	(6,1)	(7,2)	(8,3)	(9,4)
Probabilité	0,004	0,019	0,046	0,083	0,125
Séquence 6	(6,0)	(7,1)	(8,2)	(9,3)	(10,4)
Probabilité	0,001	0,005	0,014	0,029	0,052

L'accord entre la théorie et l'expérience est bon pour la séquence $+4$ (*fig.* 1). Pour la séquence $+5$ l'accord est moins bon, mais la bande (5,0) n'est pas mesurable parce qu'elle coïncide avec une bande de Swan et la bande (7,2) coïncide avec les raies D de NaI. On trouve une température de 2300° pour quatre étoiles étudiées, en assez bon accord avec la température de 2000° déduite des mesures de bandes de Swan de C_2. La théorie faite avec les anciennes valeurs de v' ne permettait pas une détermination de température; elle semblait indiquer des températures nettement supérieures.

Seul semble subsister le désaccord entre les rapports d'intensités des bandes de ces deux séquences, ayant même niveau-origine : la séquence $+5$ reste 7 fois plus intense que ne le veut la théorie.

Cependant, il convient de remarquer que la théorie n'est valable que pour

---

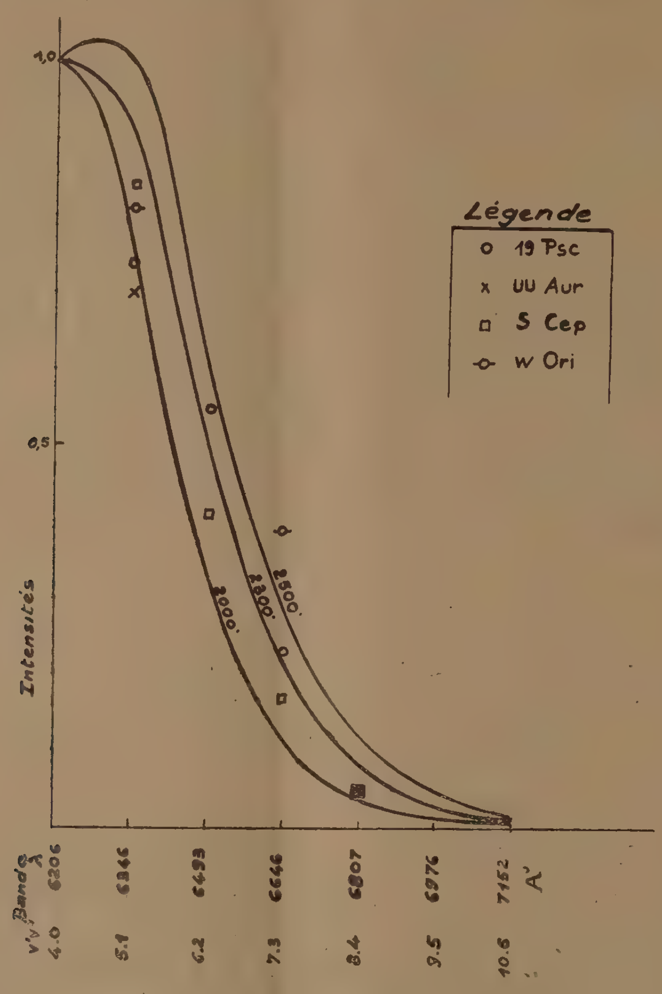
(*) Séance du 28 novembre 1949.

[1] *A. J.*, 108, 1948, p. 163.

[2] Mme A. Daudin et Ch. Fehrenbach, *Journal de Physique*, 9, n° 5, 1948.

[3] *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 410.

les nombres quantiques faibles et que la difficulté relative à la fixation du fond continu rend imprécise la détermination des intensités.



Intensités des bandes de la séquence + 4 de CN, rapportées à celle de la bande (4,0).

Nous avons fait plusieurs mesures en utilisant chaque fois un fond continu différent. Ces variations n'ont pas une grande influence sur les rapports d'intensités des premières bandes d'une séquence, mais par contre l'influence est plus importante lorsque l'on compare les bandes plus éloignées de deux séquences différentes.

Pour pouvoir se prononcer sur la nature de ce désaccord, il convient donc :

1° de mieux connaître les probabilités de transition pour ces bandes, soit théoriquement, soit expérimentalement;

2° de multiplier les mesures déterminant la position du fond continu d'une manière aussi précise que possible.

Dans ce sens, de nouvelles recherches sont en cours.

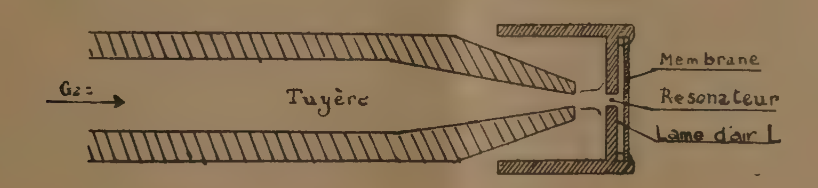
ACOUSTIQUE. — *Sur la production d'ultrasons au moyen de jets gazeux.* Note de MM. **Roger Kling** et **Jean Crabol**, présentée par M. Jean Cabannes.

C'est Galton qui semble avoir utilisé le premier un jet d'air pour la production d'ultrasons. On sait que dans le sifflet qui porte son nom, les vibrations d'un petit volume d'air sont excitées au moyen d'un jet annulaire dirigé sur le tranchant d'une lame circulaire.

Un dispositif plus puissant est celui de Hartmann dont la sirène est constituée, en principe, par un résonateur cylindrique de petites dimensions sur l'ouverture duquel on dirige un jet d'air supersonique. Hartmann a étudié en détail le fonctionnement de ce dispositif (1), (2), et il a montré que l'émission d'ondes ultrasonores, liée à la structure périodique du jet, ne pourrait avoir lieu que si l'ouverture du résonateur se trouvait dans certaines régions correspondant à une branche croissante de la courbe des variations périodiques de la pression d'arrêt dans le jet libre en fonction de la distance à la tuyère et qui sont des zones d'instabilité pour le résonateur.

Ehret et Hahnemann (3) ont modifié le dispositif de Hartmann en vue d'en augmenter la puissance et d'éviter l'effet souvent gênant du flux d'air qui accompagne le faisceau d'ultrasons. A cet effet les oscillations de pression à l'intérieur du résonateur ont été utilisées pour exciter en résonance les vibrations d'une membrane disposée contre le fond de la cavité et rayonnant directement dans le milieu extérieur. Le dispositif ainsi réalisé émettait sur une fréquence fondamentale de 5000 c/sec.

Cherchant à mettre au point un oscillateur du type précédent pour le domaine ultrasonore, nous avons été conduits à étudier l'influence sur le fonctionnement d'une sirène de Hartmann, d'une lame d'air L entre le fond du résonateur et le corps de celui-ci.



Le faisceau d'ultrasons produit par la sirène était rendu sensiblement parallèle au moyen d'un miroir parabolique, puis réfléchi sous incidence normale

(1) *Phil. Mag.*, (7), 2, 1931, p. 926.

(2) *The Acoustic Air-jet Generator*, Copenhague, 1939; *Ingenior-videnkabelige Skrifter n° 4.*

(3) *Jahrbuch der Deutschen Luftfahrtforschung*, 2, 1940, p. 455-470.

par une plaque plane; les ondes stationnaires étaient mises en évidence par une méthode strioscopique.

Il a alors été constaté qu'au fur et à mesure que l'épaisseur de la lame d'air augmentait, on obtenait des ultrasons à partir de pressions génératrices de plus en plus faibles. Pour une épaisseur assez faible de la lame L, la pression nécessaire est même notablement inférieure à la valeur minimum correspondant à un jet supersonique. La fréquence des vibrations (de l'ordre de 34 000 c/sec avec une tuyère convergente de $1^{mm},5$ de diamètre à l'extrémité et une pression absolue de 1,2 kg/cm^2), dépend relativement peu de l'épaisseur de la lame d'air et, par conséquent, du volume de la cavité supplémentaire introduite, vis-à-vis duquel le volume propre du résonateur devient rapidement négligeable.

Devant la faible influence du volume de la cavité résonnante, on a cherché à voir si l'émission ultrasonore subsistait en l'absence complète de cavité, c'est-à-dire par simple rencontre d'un jet et d'un obstacle, en particulier d'une plaque plane abordée normalement. C'est effectivement ce qui a été constaté, et ceci que le jet soit subsonique ou supersonique. Dans ce dernier cas, l'émission subsiste en dehors des intervalles d'instabilité du jet. Dans le domaine des fréquences élevées ainsi obtenues, l'intensité des ultrasons est de l'ordre de celles qui sont observées avec une sirène de Hartmann pour un même diamètre de tuyère, mais les fréquences sont, en général, supérieures. Ainsi avec une tuyère de $0^{mm},8$ de diamètre, on a observé pour une distance tuyère-plaque de 2^{mm} une fréquence de 220 000 c/sec avec une pression génératrice de 4,1 kg/cm^2, alors qu'avec une sirène de Hartmann constituée avec une tuyère et un résonateur de $0^{mm},7$, la fréquence ne dépassait pas 126 000 c/sec.

L'émission d'ultrasons par un jet supersonique rencontrant une plaque plane a été signalée par Hartmann dans le cas où la plaque se trouve à l'intérieur des intervalles d'instabilité du jet ([4]). Mais il semble que ce phénomène soit beaucoup plus général puisque nous l'avons observé en dehors de ces intervalles, en régime subsonique comme en supersonique et même pour d'autres formes d'obstacles, par exemple avec des sphères dont le diamètre, toujours supérieur à celui du jet, était cependant du même ordre.

Les observations précédentes ont permis de mettre au point pour les fréquences élevées, un oscillateur de faible puissance du type de celui de Ehret et Hahnemann, mais dans lequel le résonateur est supprimé, le jet d'air mettant directement en vibration la membrane.

Enfin en l'absence de tout obstacle on a pu mettre en évidence par la strioscopie, mais en régime supersonique seulement, des émissions d'ultrasons spécialement dans des directions peu différentes de celles des normales au jet.

L'ensemble des phénomènes qui viennent d'être signalés conduit à admettre

---

([4]) *Op. cit.* ([2]), p. 95 et 121.

qu'il existe d'autres modes d'émission d'ultrasons par les jets d'air que celui qui a été décrit par Hartmann. Il semble que l'on puisse rapprocher certaines des observations précédentes de celles qui ont été faites, en particulier, par Richardson ([5]), Carrière ([6]) et Brown ([7]) dans le domaine des très basses fréquences sur la production de sons par des jets d'air. Celle-ci serait liée à la formation de tourbillons engendrant des oscillations de relaxation intéressant certaines masses d'air. Si cette interprétation vaut en régime subsonique, la structure périodique d'un jet supersonique devrait conduire dans ce dernier cas à une explication de caractère sensiblement différent.

SPECTROSCOPIE. — *Utilisation d'un télescope électronique en spectroscopie infrarouge.* Note de MM. **Georges Déjardin** et **René Falgon**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'emploi des convertisseurs d'images en spectroscopie, suggéré dès 1936, n'avait fait l'objet que d'essais trop sommaires ([1]) pour mettre en évidence la valeur du procédé. Nous avons éprouvé celui-ci en nous adressant en premier lieu à l'oculaire simple (sans optique électronique) de la C[ie] E. M. I. Ltd. En présence des résultats encourageants ainsi obtenus ([2]), nous avons étendu notre investigation à un modèle de convertisseur muni d'un système de focalisation électrostatique et fonctionnant sous une tension beaucoup plus élevée.

Le télescope utilisé ([3]), du même type que le tube *Bild-wandler-triode* de l'A. E. G. ([4]), comporte une photocathode (Cs-O-Ag) semi-transparente concave (rayon de 115^{mm}), une électrode intermédiaire et une anode reliée à l'écran luminescent plan recouvert, sur sa face antérieure, d'une mince pellicule d'aluminium. Le dispositif d'alimentation comprend deux transformateurs haute tension actionnés par des autotransformateurs à variation continue branchés sur le secteur par l'intermédiaire d'un régulateur automatique de tension. L'électrode moyenne étant à la terre, on détermine les valeurs des tensions V_c et V_a qui, appliquées aux électrodes extrêmes, donnent lieu au maximum de netteté, sur l'écran, de la réplique d'une image (mire) formée en lumière infrarouge sur la photocathode.

Le télescope a été associé au spectrographe déjà employé ([2]) de telle sorte

([5]) *Proc. Phys. Soc.*, 43, 1931, p. 394.
([6]) *Revue Acoust.*, 5, 1936, p. 138.
([7]) *Proc. Phys. Soc.*, 49, 1937, p. 493.

([1]) A. Vasko, *Nature*, 158, 1946, p. 235 et Z. V. Harvalik, *Rev. Scient. Inst.*, 19, 1948, p. 254-257.
([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1417-1419 et 1857-1858.
([3]) Je dois ce tube à M. A. Lallemand.
([4]) Voir notamment : C. B. B. M. Sutherland et E. Lee, *Reports on Progress in Physics*, 9, 1946-47, p. 144-177 ; W. Schaffernicht, *Physikal. Blätter*, 4, 1948, 1, p. 4-10.

que la région 7500-12000 Å, d'une longueur de 22^{mm}, soit sensiblement au point sur couche photosensible, dont on utilise seulement la partie centrale. Le réglage définitif s'effectue en observant à la loupe l'image d'un spectre (argon) sur l'écran et en agissant, d'une part sur les organes mobiles du spectrographe, et d'autre part sur l'une des tensions V_c et V_a. Cette dernière ayant été fixée à 9000 V environ, les conditions optima ont été réalisées, par approximations successives, en donnant à V_c une valeur voisine de — 4000 V. Il a été nécessaire d'éloigner de plusieurs mètres le dispositif d'alimentation, afin d'éviter les perturbations magnétiques rendues plus sensibles par la proximité du socle de fonte du spectrographe. En général, l'écran a été photographié, sur plaque orthochromatique, à l'aide d'une chambre munie d'un objectif Hugo Meyer ouvert à f/1,9 et donnant une image agrandie dans un rapport excédant légèrement 2,5. Le grandissement du télescope étant lui-même voisin de 0,55, la région 7500-12000 Å occupe sur la plaque une longueur de 33^{mm}.

Nous avons examiné, dans ces conditions, les spectres de l'argon (tube de Plücker), du mercure (lampe à moyenne pression), de l'hydrogène et de l'azote (lampe de grande puissance déjà décrite). Les observations visuelles et l'étude approfondie d'un grand nombre de photographies conduisent aux conclusions suivantes :

1° Ainsi qu'on pouvait le prévoir, le télescope est beaucoup plus *lumineux* que l'oculaire simple fonctionnant sous une tension de 3000 V. Dans les mêmes conditions d'expérimentation (largeur de la fente du spectrographe, ouverture de l'objectif de la chambre photographique, nature de la plaque), on obtient des résultats sensiblement équivalents pour des durées de pose 30 fois plus faibles. En général, avec les sources indiquées et une fente assez fine (quelques centièmes de millimètre), les poses étaient de l'ordre de quelques minutes. Il a été possible, en prolongeant l'exposition, d'explorer plus complètement la région extrême comprise entre 10000 et 12000 Å. Par exemple, dans le cas du mercure, une pose de 15 minutes suffit pour faire apparaître, en dehors des fortes raies 10140 et 11286 Å, une dizaine de radiations beaucoup plus faibles s'étendant jusqu'à 12100 Å environ. Les raies de l'argon à 10470-10478 et 10674 Å ont été observées de la même manière, et la raie P_γ (10938 Å) de l'hydrogène a été fortement enregistrée.

2° La grande sensibilité du nouveau récepteur a permis de travailler avec une fente beaucoup plus fine. Quoique la dispersion linéaire *sur les clichés* (caractérisée par l'étendue de l'intervalle 7500-12000 Å) soit les 3/5 de celle qui avait été réalisée en employant l'oculaire, les spectrogrammes obtenus avec le télescope sont donc plus satisfaisants; leur aspect ne diffère guère de celui qui résulterait de l'enregistrement photographique *direct* du même domaine à l'aide de plaques appropriées. En particulier, les raies de l'argon sont remarquablement fines (séparation très nette des groupes 8104-8115 et 8408-8425 Å) et se détachent sur un fond parfaitement clair, bien qu'aucune

précaution n'ait été prise pour réduire la brillance générale de l'écran due à l'émission parasite de la photocathode. L'analyse du spectre du mercure est gênée par la présence d'un spectre continu, mais la plupart des radiations connues les plus intenses (25 raies ou groupes) peuvent être distinguées sans difficulté. Des détails supplémentaires apparaissent aussi dans le spectre secondaire de l'hydrogène et même dans la série de Paschen (identification des raies P_ζ à 9229 Å et P_η à 9015 Å). Enfin, la structure des bandes du premier système positif de l'azote commence à se manifester.

La comparaison de certains clichés montre que la définition intrinsèque du télescope est probablement supérieure à celle de l'oculaire essayé tout d'abord. Il convient toutefois de noter que l'on n'a fait intervenir que la portion centrale de la photocathode assez fortement courbée. Les irrégularités de l'écran luminescent (variations locales de brillance) apparaissent sur le fond continu de divers spectrogrammes, mais n'exercent qu'une faible influence sur le pouvoir de résolution.

RÉSONANCE OPTIQUE. — *La détection de la résonance magnétique des niveaux excités : l'effet de dépolarisation des radiations de résonance optique et de fluorescence.* Note de MM. **Jean Brossel** et **Alfred Kastler**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les effets de résonance magnétique, détectés par diverses méthodes ([1]), ([2]), ([3]), sont dus à des transitions spectrales entre les sous-niveaux magnétiques du niveau d'énergie fondamental des atomes, transitions induites par une oscillation électromagnétique de haute fréquence. Ces transitions, qui correspondent à l'absorption et à l'émission induite d'un rayonnement dipolaire magnétique, tendent à répartir également les atomes entre les divers sous-niveaux magnétiques, alors que le peuplement de ces sous-niveaux est régi, en abscence de ces transitions, par la formule de Boltzmann.

Dans une récente Note, F. Bitter ([4]) a attiré l'attention sur la possibilité de détecter optiquement le phénomène de résonance magnétique de niveaux atomiques excités. Une des méthodes les plus sensibles pour détecter le phénomène de la résonance magnétique d'un niveau atomique excité nous paraît être l'étude des modifications subies par la polarisation et l'intensité de la lumière de résonance optique issue de ce niveau lorsque les conditions de la résonance magnétique sont réalisées.

([1]) I. Rabi, *Physical Review*, 49, 1936, p. 324; Kellogg et Millman, *Rev. Modern Physics*, **18**, 1946, p. 323.

([2]) F. Bloch, *Physical Rev.*, 70, 1946, p. 460.

([3]) Purcel, Torrey et Pound, *Physical Rev.*, 69, 1946, p. 37.

([4]) *Physical Rev.*, 76, 1949, p. 833.

En effet, les états de polarisation remarquables, rectilignes ou circulaires, présentés par les radiations de résonance optique (5) sont une conséquence du fait que la radiation excitatrice, lorsque son vecteur électrique a une forme déterminée et une orientation donnée dans l'espace, produit l'*excitation sélective de certains sous-niveaux magnétiques de l'état excité* (6). Les transitions induites par la résonance magnétique tendent à détruire cette sélectivité, et si les probabilités de passage de ces transitions atteignent l'ordre de grandeur des probabilités de retour au niveau fondamental par rayonnement, il en résulte une dépolarisation importante de la lumière émise, que des techniques classiques (5) permettent de constater et de mesurer. Le rapport de ces deux probabilités dépend d'une part de l'amplitude du champ magnétique oscillant de haute fréquence et, d'autre part, de la durée de vie des niveaux excités qu'on analyse. Pour obtenir un effet important, il y a intérêt à utiliser un champ oscillant intense et à opérer sur des niveaux excités de grande durée de vie.

Considérons l'exemple de la radiation de résonance d'intercombinaison 2537 Å ($6^3P_1 - 6^1S_0$) du mercure dont le niveau supérieur 6^3P_1 a une durée de vie $\tau = 10^{-7}$ sec et se décompose dans un champ magnétique en trois sous-niveaux $m = -1$, 0 et $+1$, alors que le niveau fondamental 6^1S_0 est simple.

Soit $Oxyz$ un trièdre trirectangle et considérons en O une cuve à vapeur de mercure éclairée suivant Ox par la radiation excitatrice 2537 Å à travers un prisme de nicol qui laisse passer uniquement le vecteur électrique excitateur E_y, parallèle à Oy. Un champ magnétique constant H_1 est dirigé suivant Oy et l'on observe l'intensité de la radiation de résonance optique rayonnée parallèlement à Oy. Pour les isotopes pairs du mercure l'excitation ne se fait, dans ces conditions, que par la composante Zeeman π et seul le sous-niveau du milieu $m = 0$ de l'état supérieur 6^3P_1 est atteint. La radiation réémise ne contient donc que la composante π invisible suivant Oy. La faible intensité de la lumière de résonance observée dans ces conditions par un observateur placé sur Oy est due uniquement à la présence des isotopes impairs.

Si l'on établit un champ oscillant H_2 de façon à réaliser les conditions de la résonance magnétique du niveau 6^3P_1, des transitions auront lieu de $m = 0$ vers les niveaux $m = \pm 1$ et les composantes σ apparaîtront dans la lumière de résonance optique et produiront un accroissement de l'intensité du rayonnement suivant Oy.

Les isotopes impairs du mercure et leurs propriétés nucléaires se manifesteront par une structure hyperfine, de ces maxima de résonance. Dans l'étude des raies D du sodium par le même procédé il convient de donner la préférence

---

(5) P. Pringsheim, *Fluoreszenz u. Phosphoreszenz*, 3e édition, 1928, 4e Chapitre; Mitchell A. Zemansky, *Resonance Radiation and Excited Atoms*, 1934, 5e Chapitre.

(6) A. Kastler, *Physica*, 12, 1946, p. 619.

à la méthode de polarisation circulaire et d'analyse circulaire de la lumière de résonance qui garantit une haute sélectivité des niveaux magnétiques excités ([7]). La méthode préconisée est applicable aux niveaux supérieurs de toutes les radiations de résonance optique et également aux niveaux atteints optiquement par excitation multiple (7^3S_1 de Hg) ([6]).

Dans le cas d'excitation électronique par des électrons de direction et de vitesse déterminées, l'existence d'une certaine polarisation du rayonnement émis ([8]) montre que l'excitation électronique, elle aussi, peut favoriser certains sous-niveaux magnétiques de l'état excité et l'on peut en tirer profit pour l'étude de la résonance magnétique de ces niveaux.

La technique que nous préconisons peut donc s'appliquer à l'analyse d'un grand nombre de niveaux excités et peut donner des renseignements sur leur effet Zeeman et sa structure hyperfine.

Mais il convient de remarquer que les bandes de résonance magnétique des niveaux excités sont plus larges que celles du niveau fondamental. Leur largeur dans l'échelle des fréquences est de l'ordre de la largeur naturelle des raies de résonance optique étudiées, soit $\Delta\nu = 1/\tau$, τ étant la durée de vie du niveau excité. Dans le cas du niveau 6^3P_1 du mercure ceci correspond à une largeur de bande d'une dizaine d'œrsteds à fréquence constante.

EFFET RAMAN. — *Spectres de vibrations et structure du carbonate acide de potassium.* Note de Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

On connaît la structure du carbonate acide de sodium ([1]), mais non celle du carbonate acide de potassium. J. Dhar ([2]), par la technique des rayons X, a déterminé les dimensions de la maille élémentaire et le groupe de symétrie du cristal, C_{2h}^5 ($P2_1/a$); il existe quatre molécules dans la maille et les ions CO_3 ne possèdent, dans le cristal, aucun élément de symétrie.

L'étude, par effet Raman, d'un monocristal obtenu par évaporation lente d'une solution de carbonate acide de potassium, sous une atmosphère de gaz carbonique, a conduit aux résultats expérimentaux suivants :

Fréquences en cm^{-1}.	78.	84.	105.	112.	136.	186.	222.
Type............	B_g	A_g	B_g	A_g	$A_g + B_g$	A_g	B_g
Intensité.........	TF	f	TF	m	f	F	f
Aspect...........	s	s	s	s	s	d	d

([7]) W. Hanlé, *Zeitschrift für Physik*, 41, 1927, p. 164.
([8]) W. Hanle et K. Larché, *Handbuch der Radiologie*, 1re série, 6, p. 172, § 6.

([1]) W. H. Zachariasen, *Journ. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 634.
([2]) *Ind. Journ. Phys.*, 11, 1937, p. 187.

Fréquences en cm^{-1}.	635.	676.	1029.	1270.	1283.	1682.	1720.
Type..............	A_g+B_g	A_g+B_g	A_g	?	A_g	A_g	?
Intensité..........	m	m	F	F	F	f	F
Aspect..........	s	s	s	b	d	s	b

Les types sont donnés selon la notation de Placzek. On a employé les abréviations suivantes : TF, très forte; F, forte; *m*, moyenne; *f*, faible; *s*, raie fine; *d*, raie diffuse; *b*, bande large.

D'une façon générale, le spectre se différencie de celui des carbonates ioniques neutres; nous pensons cependant qu'il existe dans le cristal des ions CO_3^{--} liés entre eux par des liaisons hydrogène et non des ions CO_3H^-.

Toutes les raies, même les plus fines (*s*), sont nettement plus larges que celles des carbonates neutres. Presque toutes les fréquences de vibrations internes des ions CO_3 sont abaissées, en particulier celle de la vibration simple (ν_1) de l'ion qui passe de 1087 cm^{-1} dans la calcite à 1029 cm^{-1} dans CO_3HK. Les séparations de fréquence dues à l'abaissement de la symétrie de l'ion sont très grandes. Nous attribuons aux vibrations de déformation (ν_3) les raies 635 et 679 cm^{-1} (I. R. : 660 et 694 cm^{-1}) [3], aux vibrations de valence (ν_4) la raie large 1283 cm^{-1} et les deux bandes 1270 et 1720 cm^{-1} (I. R. : 1335 et 1591 cm^{-1}); enfin à l'harmonique de la vibration (ν_2) inactive la raie 1682 cm^{-1} (I. R. : 1648). Le fait le plus remarquable du spectre est la transformation subie par les vibrations ν_4 : les deux bandes ont pour largeur respective 300 et 400 cm^{-1}; l'intensité totale du groupe de bandes et de raies attribuée à ν_4 est 250 fois plus grande que dans la calcite. Nous attribuons cette transformation à la présence des liaisons hydrogène.

Une étude détaillée du spectre et des données cristallographiques sera publiée ultérieurement. Elle nous conduit à proposer une structure pour le cristal de CO_3HK : les ions CO_3 forment des chaînes parallèles à l'axe binaire du cristal; le plan des ions est approximativement perpendiculaire à la direction de la bissectrice aiguë des axes optiques; deux ions CO_3 voisins dans une même chaîne sont liés par une liaison hydrogène; la position moyenne des atomes d'hydrogène se trouve sur des centres de symétrie. En construisant un modèle, on trouve, pour les ions K^+, une position possible, où chaque ion K^+ est entouré de huit atomes d'oxygène; la règle des valences équilibrées de Pauling [4] est très approximativement vérifiée.

Les propriétés optiques et les trois clivages s'interprètent aisément à l'aide de ces données.

---

[3] Nous désignons par I. R. les maxima d'absorption infrarouge (R. Duval, C. Duval et J. Lecomte, *Bull. Soc. Chim. France*, 10, 1943, p. 517.)

[4] *Journ. Am. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 1010.

EFFET RAMAN. — *Nouvelles recherches relatives à l'influence de la conjugaison sur l'intensité des raies Raman.* Note de Mlle **Monique Harrand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons continué l'étude de l'influence de la conjugaison sur l'intensité des spectres Raman à l'aide de deux nouvelles séries de corps. Dans une Note précédente [1] nous avions comparé les spectres de carbures benzéniques possédant une chaîne latérale soit saturée, soit éthylénique, soit acétylénique. La conjugaison des liaisons non saturées entraîne une exaltation générale de l'intensité du spectre ainsi qu'une très grande exaltation de l'intensité des raies de fréquences comprises entre 1600 et 2500 cm^{-1}. Mais seules des liaisons carbone-carbone entraient en jeu dans cette étude. Nous avons donc cherché à savoir ce qui se passait si l'on conjuguait des doubles liaisons C=C avec des doubles liaisons C=O. Pour cela nous avons étudié deux séries d'aldéhydes :

1° des aldéhydes aromatiques dont la fonction aldéhyde est ou n'est pas conjuguée au noyau benzénique par l'intermédiaire d'une double ou triple liaison carbone-carbone;

2° des aldéhydes aliphatiques dont le groupe C=O est soit seul, soit conjugué avec le groupe C=C.

Le mode opératoire est identique à celui de l'étude précédente [1]. Les produits, soigneusement préparés par M. Henri Martin, sont directement distillés dans le tube Raman.

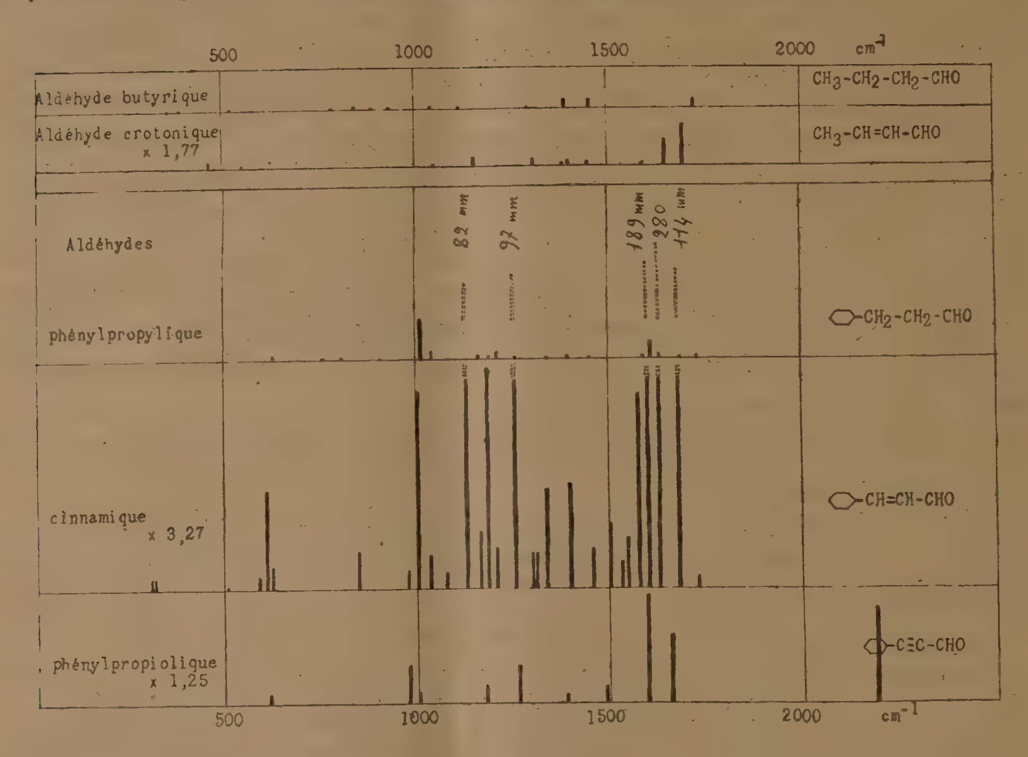
Les résultats expérimentaux sont les suivants :

1° *Aldéhydes aromatiques :* phénylpropylique ($C_6H_5-CH_2-CH_2-CHO$), cinnamique (C_6H_5-CH=CH-CHO), phénylpropiolique (C_6H_5-C≡C-CHO). — D'après la formule chimique on prévoit pour les deux derniers corps un spectre très intense, que l'on trouve effectivement, puisque la conjugaison est très importante. On constate en outre que le spectre de l'aldéhyde cinnamique est beaucoup plus intense que celui du styrolène [1] qui est pourtant très intense; mais dans le premier la chaîne conjuguée est plus longue. En dehors de toute mesure les temps de pose sont très significatifs, car le spectre de l'aldéhyde à chaîne saturée vient en 56 heures, alors que celui de l'aldéhyde cinnamique vient en deux heures. De même que pour le styrolène et le phénylacétylène, la double liaison de la chaîne latérale de l'aldéhyde cinnamique augmente plus l'intensité du spectre Raman, que la triple liaison de l'aldéhyde phénylpropiolique.

2. *Aldéhydes aliphatiques.* — Nous avons entrepris cette étude pour voir l'influence de la conjugaison de deux doubles liaisons de nature différente. L'aldéhyde crotonique (CH_3 — CH = CH — CHO) possédant une liaison C = C et une liaison C = O conjuguées a été comparé à l'aldéhyde butyrique

(1) M. Harrand, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 187.

($CH_3-CH_2-CH_2-CHO$) ne possédant que la double liaison $C=O$. Le spectre du premier est plus intense que celui du second, et la fréquence de CO est abaissée de 30 cm^{-1} dans l'aldéhyde crotonique. Il est à remarquer que l'addition d'une double liaison à l'aldéhyde butyrique donne une exaltation plus faible de l'intensité du spectre que l'addition d'une double liaison à un corps aromatique (la conjugaison existant dans les deux cas).



Sur la figure les intensités sont rapportées pour chaque spectre à une raie de diffusion Rayleigh du mercure. Les nombres inscrits sous les noms des corps indiquent le rapport d'intensité de ces raies de diffusion. Les intensités Raman vraies sont obtenues en multipliant les intensités relatives de la figure par ces nombres. On voit combien ce phénomène de conjugaison est intense dans le cas de l'aldéhyde cinnamique dont certaines raies ne peuvent être tout entières dessinées; leur hauteur est indiquée en millimètres (réduction de la figure 1/2).

ÉLECTROOPTIQUE. — *Sur la propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux ferromagnétiques.* Note de M. **Henri Arzeliès**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai donné (¹) des formules de première approximation pour l'étude des milieux magnétiques. Pour les obtenir, j'ai admis que l'action du champ

(1) *Ann. Phys.*, 1947, p. 139 (abréviation R. S.).

magnétique *de l'onde* pouvait être caractérisée par une perméabilité magnétique μ réelle. J'annonçais dans un autre Mémoire ([2]) une étude plus générale dont voici les résultats ([3]).

L'introduction de l'inertie de rotation des ions permet de définir deux paramètres magnétiques m et n analogues aux paramètres électriques p et q, sous réserve de certaines hypothèses restrictives. Ces deux paramètres, déjà envisagés par divers auteurs ([4]), ne semblent pas avoir été introduits dans une étude générale des phénomènes de propagation. Il était utile de combler cette lacune.

Dans l'état actuel des données expérimentales, les formules à un seul paramètre magnétique μ (Mémoire R. S.) sont valables pour les ondes hertziennes de longueur suffisante ; la nécessité des deux paramètres magnétiques m et n apparaît avec les ondes hertziennes courtes et dans l'infrarouge lointain. Dans le spectre visible, il suffit généralement d'utiliser la perméabilité μ_0 du vide.

Avec deux paramètres magnétiques les six premières équations du système algébrique linéaire équivalent, pour une onde sinusoïdale, aux équations de Maxwell (*R. .S*, p. 139), s'écrivent

$$(1)\qquad -(jb+\beta)\mathfrak{M}_z+(jc+\gamma)\mathfrak{M}_y=j\frac{k_0}{c_0}(p-jq)\mathcal{E}_x,$$

. . . .

$$(4)\qquad -(jb+\beta)\mathcal{E}_z+(jc+\gamma)\mathcal{E}_y=-j\mathrm{V}\frac{\mu_0}{c_0}(m-jn)\mathfrak{M}_x,$$

. . . .

Nous avons légèrement modifié les notations pour simplifier : les a, b, c remplacent les α, β, γ; les α, β, γ remplacent les α_1, β_1, γ_1. De plus le système ainsi écrit (avec c_0) est valable pour plusieurs systèmes d'unités ([5]).

Les amplitudes complexes des deux ondes principales sont pour l'onde 1 (vecteur électrique polarisé rectilignement)

$$\mathcal{E}_y=\mathrm{E}\quad(\mathrm{E}\ \text{réel}),\qquad \mathcal{E}_x=\mathcal{E}_z=\mathfrak{M}_y=0;$$

$$\mathfrak{M}_x=-c_0\frac{jc+\gamma}{j\mathrm{V}\mu_0(m-jn)}\mathrm{E},\qquad \mathfrak{M}_z=c_0\frac{ja+\alpha}{j\mathrm{V}\mu_0(m-jn)}\mathrm{E}.$$

Les formules générales de la réflexion et de la réfraction (deux milieux

---

([2]) *Ann. Phys.*, 1947, p. 540.

([3]) Le développement de la théorie fera l'objet d'une publication ultérieure plus complète.

([4]) Un bon point de départ bibliographique, pour les travaux antérieurs à 1945, ceux d'Arcadiew en particulier, se trouve dans le Mémoire d'ALLANSON (*J. Inst. El. Eng.*, 92, 1945, p. 247).

([5]) *Ann. Phys.*, 1948, p. 638 (abréviation R. P.).

absorbants) deviennent pour l'onde 1 :

$$\mathcal{E}' = \frac{1 - \mathcal{K}_1}{1 + \mathcal{K}_1} E_1, \qquad \mathcal{E}_2 = \frac{2}{1 + \mathcal{K}_1} E_1,$$

$$\mathcal{K}_1 = \frac{jc_2 + \gamma_2}{jc_1 + \gamma_1} \frac{m_1 - jn_1}{m_2 - jn_2} \frac{V_1}{V_2}.$$

Pour l'onde 2 les formules du Mémoire R. P. restent valables. La vitesse de propagation commune aux deux ondes est

$$V = c_0 \sqrt{\frac{1 - \Gamma^2}{K_0 \mu_0 (pm - qn)}}.$$

Le cas particulier le plus intéressant est celui qui suppose le premier milieu transparent (paramètres p_1, m_1), le deuxième, absorbant (p_1, q_1, m_1, n_1). Posons

$$p = \frac{p_2}{p_1}, \qquad q = \frac{q_2}{q_1}, \qquad m = \frac{m_2}{m_1}, \qquad n = \frac{n_2}{n_1}.$$

Nous obtenons alors, pour déterminer l'angle de réfraction et le coefficient d'extinction de l'onde réfractée :

$$\frac{\sin^2 i}{\sin^2 r} = \nu^2 + \sin^2 i, \qquad \gamma_2^2 = \frac{\chi^2}{\nu^2 + \sin^2 i},$$

avec

$$2\nu^2 = \nu_0^2 - \chi_0^2 - \sin^2 i + \sqrt{(\nu_0^2 - \chi_0^2 - \sin^2 i)^2 + 4\nu_0^2\chi_0^2},$$

$$2\chi^2 = -(\nu_0^2 - \chi_0^2 - \sin^2 i) + \sqrt{(\nu_0^2 - \chi_0^2 - \sin^2 i)^2 + 4\nu_0^2\chi_0^2},$$

$$\nu_0^2 - \chi_0^2 = pm - qn, \qquad 2\nu_0\chi_0 = pn + qm.$$

Ce sont les mêmes formules que pour n nul, et cela est assez remarquable; toutefois ν_0 et χ_0 n'ont évidemment pas la même expression en fonction des paramètres.

Les amplitudes complexes des vecteurs polarisés rectilignement sont déterminées par :

onde 1 :

$$\mathcal{E}' = \frac{(m\cos i - \nu) - j(n\cos i - \chi)}{(m\cos i + \nu) - j(n\cos i + \chi)} E_1, \qquad \mathcal{E}_z = \frac{2(m - jn)\cos i}{(m\cos i + \nu) - j(n\cos i + \chi)} E_1;$$

onde 2 :

$$\mathfrak{M}' = \frac{(p\cos i - \nu) - j(\bar{q}\cos i - \chi)}{(p\cos i + \nu) - j(q\cos i + \chi)} H_1, \qquad \mathfrak{M}_z = \frac{2(p - jq)\cos i}{(p\cos i + \nu) - j(q\cos i + \chi)} H_1.$$

L'amplitude réelle des vecteurs réfractés polarisés elliptiquement est :

onde 1 :

$$\mathfrak{M}_z^2 = \frac{4\cos^2 i(\nu^2 + \chi^2 + \sin^2 i)}{(m\cos i + \nu)^2 + (n\cos i + \chi)^2} H_1^2;$$

onde 2 :

$$E_z^2 = \frac{4\cos^2 i(\nu^2 + \chi^2 + \sin_i^2)}{(p\cos i + \nu)^2 + (q\cos i + \chi)^2} E_1^2.$$

RADIOACTIVITÉ. — *Inclusions à faible teneur en uranium contenues dans des granites*. Note (*) de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot

Trois précédentes Notes ([1]) ont signalé dans les roches éruptives la présence d'inclusions radioactives soit à très forte teneur en uranium (75 %) ou en thorium (70 %), soit à faible teneur en thorium (1 %).

L'étude des plaques photographiques impressionnées par des granites polis met en évidence l'existence de cristaux de dimensions réduites variant de quelques centaines à quelques milliers de microns carrés et contenant quelques centièmes d'uranium.

Certains de ces cristaux se sont trouvés au contact de l'émulsion et l'évaluation de la surface n'a présenté aucune difficulté. D'autres cristaux ont été, au moment de la pose, séparés de la plaque photographique par une mince couche d'air ou de matière inerte. En ce cas cependant, nous avons encore pu en déterminer les dimensions approximatives en prolongeant les trajectoires les plus voisines de la source.

En examinant les rayons α (plus de 2000) émis par des inclusions de ce type trouvées dans deux granites polis, nous n'avons pas observé un seul rayon provenant certainement du thorium C', c'est-à-dire ayant dans l'air un parcours supérieur à 7^{cm}.

Nous avons donc été conduit à admettre que ces inclusions contenaient de l'uranium avec peu ou pas de thorium.

Les mesures et les calculs conduisent aux résultats suivants :

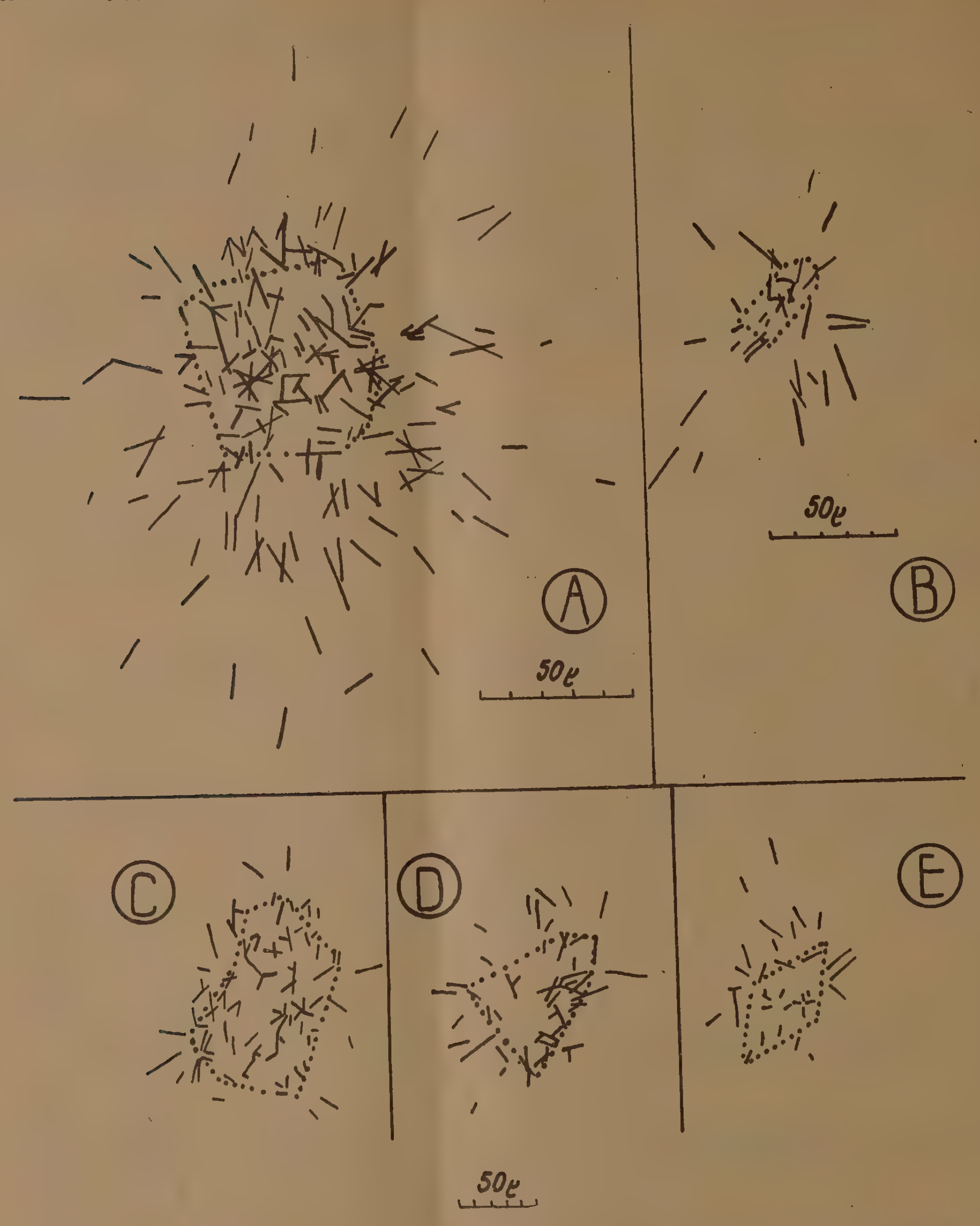
Origine.	Temps de pose (en h.).	Surface approximative (en μ^2).	Nombre de rayons α émis.	Nombre de rayons α par cm² et sec.	Concentration (en U).	Figures.
Granite de Bretagne (Coll. M. Demay)..	414	3000	186	4,7	0,04	A
	210	270	40	19	0,14	B
Granite de Lignole près Vannes (Morbihan)..	112	6900	92	4	0,035	C
	112	2800	51	4,5	0,04	D
	112	2000	34	4,2	0,04	E

A part un cristal, qui semble avoir une teneur en uranium de l'ordre de 14 %,

(*) Séance du 24 octobre 1949.

([1]) R. Coppens, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1218; 228, 1949, p. 1938; 229, 1949, p. 617.

tous les autres ont à peu près la même activité correspondant à une concentration de 4 % d'uranium.



Nous pouvons en outre constater qu'à l'intérieur des cristaux la radioactivité n'est pas uniforme. Il existe au contraire des centres très actifs et de tels cristaux brisés par pulvérisation peuvent donner des grains dont l'activité est supérieure ou inférieure à celle de l'ensemble.

RADIOACTIVITÉ. — *La réaction* $^{10}B(n, \alpha)^7Li^*$ *et la relation parcours-énergie pour les particules* α *d'énergie inférieure à* 2 MeV. Note de Mme **Henriette Faraggi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons entrepris, à l'aide de la technique d'effacement partiel précédemment décrite (1), l'étude de la transmutation du bore par les neutrons lents. Une plaque Ilford Nuclear Research C2, 50$^{\mu}$, imprégnée de bore, a été exposée aux neutrons; elle a été ensuite maintenue pendant 18 minutes dans une atmosphère saturante d'eau oxygénée à 20^{vol}, puis développée dans les conditions habituelles.

Le début d'effacement de l'image latente provoqué par ce traitement empêche le développement des premiers grains de la trace de la particule α, et l'on voit alors apparaître une lacune à l'origine de la transmutation. Il est possible dans ces conditions de mesurer sur chaque trace les parcours respectifs de ^4_2He et de $^3_7Li^*$, et d'obtenir les valeurs les plus probables de ces parcours avec une précision supérieure à celle des méthodes utilisées jusqu'à présent. Nous avons mesuré le parcours total des deux fragments sur 500 traces, les parcours différenciés sur 250. *Les parcours moyens respectifs sont :* $^4_2He : 5{,}0 \pm 0^{\mu}{,}2$; $^7_3Li^* : 2{,}2 \pm 0^{\mu}{,}2$; *parcours total :* $7{,}2 \pm 0^{\mu}{,}1$. Les courbes de répartition statistique des longueurs mesurées sont des courbes de Gauss ; elles présentent une très légère dissymétrie du côté des longs parcours, qu'on peut attribuer à la formation de ^7Li dans l'état fondamental, l'existence de ce groupe étant prouvée par les expériences de Böggild (2) et de Gilbert (3) à la chambre de Wilson, avec un meilleur pouvoir séparateur.

On peut calculer les énergies de réaction, et les énergies cinétiques des fragments émis, en utilisant les valeurs les plus précises actuellement connues des masses des noyaux mis en jeu (4) et de l'énergie du niveau d'excitation de Li^*, 480 keV (5). On établit alors entre les parcours des noyaux chargés dans les émulsions photographiques et leurs énergies cinétiques les relations suivantes :

	État excité.		État fondamental.	
	α.	$^7Li^*$.	α.	^7Li.
Énergie (MeV)	1,52 ± 0,11	0,88 ± 0,11	1,92 ± 0,11	0,96 ± 0,11
Parcours (μ)	5,0 ± 0,2	2,2 ± 0,2	(6,1) ± 0,4	(2,6) ± 0,4

(1) Faraggi, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 527.

(2) Bøggild, *Math. Phys. Camer. Acad. Copenhague*, 23, 1945, p. 4.

(3) Gilbert, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 44, 1948, p. 447; Bower, Bretscher et Gilbert. *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 34, 1948, p. 290.

(4) Bainbridge, *Rapport au 7e Congrès Solvay*, 1947.

(5) Buechner et al., *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1569.

Relation « Parcours dans l'air-énergie ». — La réaction $^{10}B(n, \alpha)^7Li^*$ a été invoquée à plusieurs reprises (2), (3), (6), au cours des derniers mois, pour mettre en doute la validité des courbes *Parcours-énergie* de Livingstone et Bethe, et de Livingstone et Holloway (7) dans la région des énergies inférieures à 2 MeV. Sans pouvoir juger de la pertinence des autres arguments, il nous paraît très hasardeux de prendre le cas de la particule α de transmutation du bore comme critère de validité.

En effet, si le parcours total des deux fragments a fait l'objet d'un grand nombre de mesures concordantes, il n'en est pas de même en ce qui concerne les parcours séparés. Cette mesure est rendue peu précise, si l'on utilise une cible solide, en raison du faible parcours des noyaux; dans le cas d'une cible gazeuze, on observe le parcours total sans pouvoir déterminer directement l'origine de la transmutation. Des procédés semi-empiriques, basés sur la relation de Blackett $R = k.M.Z^{-1/2}f(v)$, ont donné comme rapport des parcours $\rho = R_{He}/R_{Li} = 1,7$ (2). Ce chiffre est confirmé, avec une faible précision, par les mesures de Bøgild, portant sur 5 mesures, et celle de Bower, Brestcher et Gilbert (3), portant sur 20 mesures. A l'aide de cette valeur, et de la mesure de la longueur totale de la trace, on peut établir qu'une particule α de 2 MeV a un parcours dans l'air de $7^{mm},1$ (2) ou de $7^{mm},7$ (3), alors que la courbe de Livingstone et Bethe indiquerait de 0,80 à $0^{cm},82$. Il y aurait alors une divergence supérieure aux indéterminations expérimentales.

Or, *le rapport des parcours établi expérimentalement par le présent travail, portant sur* 250 *trajectoires, est de* $2,2 \pm 0,2$, en accord avec des déterminations faites à l'amplificateur proportionnel utilisant des cibles épaisses (8). Si l'on admet cette valeur, on obtient, pour le parcours de la particule α, toujours à partir du parcours total, des valeurs comprises entre $7^{mm},9$ (2) et $8^{mm},5$ (3); on se trouve alors en bon accord avec la courbe incriminée, aux erreurs expérimentales près. On peut également remarquer que le pouvoir d'arrêt des émulsions par rapport à l'air, obtenu dans la région de 2 MeV par d'autres expériences (9), est en accord avec la valeur $0^{cm},80$, et semble exclure le chiffre de $0^{cm},71$.

Il faut alors conclure que les courbes Parcours dans l'air-Énergie restent

---

(6) Jesse et Sadauskis, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1110; Clarke and Bartholomew, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 146. Cette position est également critiquée par Walker, *Nature*, 164, 1949, p. 838.

(7) Livingstone et Bethe, *Rev. of Mod. Phys.*, 9, 1937, p. 245; Livingstone et Holloway, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 18.

(8) Walen, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1500; Rotblat, *Nature*, 138, 1936, p. 568; Fonfer, *Ann. der Physik*, 29, 1937, p. 1.

(9) Faraggi, expériences non encore publiées.

valables, aux erreurs expérimentales près, dans le domaine des énergies faibles, et que la relation de Blackett n'est valable pour passer de ^{4}He à ^{7}Li que moyennant l'adjonction d'une constante empirique de l'ordre de $0^{cm},5$.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement γ du radiothorium.* Note de M. **Michel Riou**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le rayonnement γ du radiothorium a d'abord été étudié par J. Thibaud [1] qui a isolé par spectrographie cristalline deux raies de 168 et 145 U. X (73,8 et 85,5 keV). L. Meitner [2] a repris l'étude par cette même méthode et par celle de déviation magnétique des électrons provenant des couches L et M : elle a montré que le RTh émet deux raies de 140 et 145 U. X (88,5 et 85,5 keV), la raie de 168 U. X trouvée par J. Thibaud appartenant au ThB. Les deux raies de 140 et 145 U. X ont été alors considérées comme les raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ de l'élément 86 (radium); mais une nouvelle étude par spectrographie magnétique de J. Surrugue et Tsien San-Tsiang [3] a précisé l'énergie et l'intensité des raies électroniques et montré que ces raies étaient dues à la conversion interne de deux raies γ de 86,8 et 83,3 keV.

Pour vérifier l'existence de ces raies γ et obtenir les intensités absolues des divers rayonnements γ et X, j'ai repris l'étude par la méthode d'absorption sélective déjà appliquée à l'étude des rayonnements γ et L de l'ionium [4], le détecteur étant un compteur Geiger-Müller rempli de xénon (15^{cm} Hg) et d'alcool. Les sources de RTh sans dérivés sont préparées suivant la méthode de Mlle I. Curie : précipitation de Ce entraînant RTh par l'ammoniaque, élimination du dépôt actif par H_2S. L'intensité des sources est déterminée à l'équilibre avec les dérivés en comparant avec des étalons de RTh par les rayonnements γ.

La courbe d'absorption dans le cuivre du rayonnement γ du RTh indique deux composantes de coefficients d'absorption 0,70 cm^2/g (86 keV) et 95 cm^2/g (14 keV); avec le plomb on observe une seule composante de coefficient d'absorption 2,3 cm^2/g (84 keV).

L'analyse du rayonnement de 14 keV par absorption sélective dans les éléments compris entre le nickel ($Z=28$) et le molybdène ($Z=42$) montre que ce rayonnement se compose des raies L caractéristiques du radium, élément formé par la désintégration $\mathrm{RTh} \xrightarrow{\alpha} \mathrm{ThX}$. Les intensités relatives de ces raies L sont égales à celles obtenues avec l'ionium (qui émet également les raies L du radium) et sont en bon accord avec les prévisions de la théorie

---

(1) *Thèse*, Paris, 1925, p. 84.
(2) *Zeits. Phys.*, 52, 1928, p. 637 et p. 645.
(3) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 172.
(4) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 678.

pour les spectres L émis après excitation par conversion interne de rayonnements γ (5) qui sont dans le cas présent les deux raies de 83,3 et 86,8 keV.

Pour étudier le rayonnement de 86 keV j'ai filtré par un écran de cuivre de 99 mg/cm² et étudié l'absorption dans des écrans de Au(Z = 79), Hg(80), Tl(81), Pb(82) et Bi(83) de même masse superficielle (340 mg/cm²) : Hg absorbe moins que Tl lequel absorbe moins que Pb. Il y a donc émission de deux raies comprises d'une part entre les discontinuités K de Hg et Tl, d'autre part entre celles de Tl et Pb, ce qui donne les énergies $84{,}00 \pm 1{,}15$ et $86{,}48 \pm 1{,}33$ keV. Ceci est en bon accord avec la détermination des énergies de ces raies par celle des électrons de conversion interne et montre que ces deux raies ne peuvent être les raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ du radium dont les énergies sont 88,47 et 85,48 keV (6). Les courbes d'absorption permettent en outre de calculer le rapport d'intensité des deux raies et l'on trouve

$$\frac{86{,}8}{83{,}3} \cong 0{,}35 \quad \left(\text{alors que } \frac{K\alpha_1}{K\alpha_2} = 2\right).$$

Le calcul des intensités absolues de ces deux raies γ et du rayonnement L est basé sur la détermination de l'efficacité du compteur (4), (5) en tenant compte de l'angle solide et de l'absorption dans la matière. Le tableau ci-dessous indique les moyennes des résultats obtenus avec cinq sources différentes d'intensité comprise entre 3,27 et 0,02 millicuries (matière : oxyde de cérium 1 à 7,5 mg/cm²); les intensités sont exprimées en nombre de photons par 100 désintégrations.

Raies L.	Raie de 83,3 keV.	Raie de 86,8 keV.
$7 \pm 1{,}5$	$1{,}8 \pm 0{,}5$	$0{,}7 \pm 0{,}2$

La comparaison de ces résultats avec les autres données sur la désintégration du radiothorium soulève des difficultés analogues à celles de l'ionium : d'après l'intensité du rayon L et la valeur du rendement de fluorescence (0,37) le nombre d'excitations de la couche L, par désintégration, serait

$$\frac{7 \pm 1{,}5}{0{,}37} \times 10^{-2} = (19 \pm 3).10^{-2};$$

ce nombre devrait être égal au nombre d'électrons de conversion dans la couche L soit : $6{,}1.10^{-2}$ d'après les mesures de Surugue et Tsien San-Tsiang (3).

Le calcul de la probabilité d'excitation du niveau nucléaire de 87 keV peut se faire à partir de l'intensité des deux raies γ de 86,8 et 83,3 keV et de l'intensité des électrons de conversion; on obtient ainsi 0,10. Si l'on fait le calcul à partir de l'intensité des raies γ et de la probabilité d'excitation de la couche L

---

(5) M. Riou, *J. de Phys. Radium*, **11**, 1950 (à paraître).

(6) M. Frilley, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1013.

on obtient 0,23 ± 0,04 (en tenant compte de la conversion dans la couche M) : or la mesure directe, d'après l'intensité des groupes de structure fine α [7], donne 0,28.

RAYONS COSMIQUES. — *Phénomènes dirigés et effets de latitude produits par les nucléons cosmiques, dans les émulsions sensibles*. Note de MM. **Charles Beets, Max Morand** et **Léon Winand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié les étoiles et les traces isolées produites par les rayons cosmiques dans des émulsions sensibles (Ilford G_5 et $C_3 + B$), exposées dans une position verticale repérée E-W, au Congo belge (4500^m, 1° lat. géomg. S).

Dans la G_5, l'examen des traces visibles d'électrons permet d'assurer la visibilité des traces de protons jusqu'à environ 300 Mév. 181 étoiles ont plus de 2 branches, 78 plus de 4 branches, 16 plus de 9 branches. La densité d'étoiles de plus de 2 branches est de 12 étoiles par centimètre cube d'émulsion vierge et par jour. Nous avons classé les traces des étoiles géantes (plus de 9 branches) en 3 catégories d'après leur ionisation : *a*. traces continues; traces discontinues ayant, pour 92$^\mu$: *b*. plus de 100 grains; *c*. moins de 100 grains. La répartition de *a* est presque isotrope (85 traces dirigées vers le bas, 73 vers le haut). Pour *b* : 13 traces dirigées vers le bas, 9 vers le haut. Pour *c* : 34 traces dirigées vers le bas, 14 vers le haut. En projection, 43 % des traces descendantes se trouvent dans un angle de 80°, réparti à peu près également de part et d'autre de la verticale. Les anisotropies de *b* et de *c* prouvent l'existence de processus de choc nettement dirigés, essentiellement différents des phénomènes d'évaporation nucléaire correspondant à *a*, compte tenu d'un certain entraînement du centre de gravité du noyau excité.

L'étude des projections des traces isolées descendantes (316 traces de protons, deutérons, y compris probablement quelques traces de mésons) donne une dissymétrie E-W globale $n_W - n_E/2(n_W + n_E) = 0,11$, et un maximum égal à 0,46 pour un angle zénithal de 60°.

Dans la $C_3 + B$, 61 étoiles ont plus de 2 branches, 28 ont plus de 4 branches et 5 ont plus de 9 branches. Les 12 traces les plus rapides des étoiles de plus de 9 branches (au total 71 branches) donnent une anisotropie encore nettement marquée (9 traces dirigées vers le bas, 3 vers le haut). La densité d'étoiles de plus de 2 branches est de 6,4 étoiles par centimètre cube d'émulsion vierge et par jour. Il est intéressant de comparer cette densité à celle des étoiles de plus de 2 branches observée au Jungfraujoch (3470^m, 44° lat. géomg. N) dans une plaque Ilford B_2+B et égale à 8,3 étoiles par centimètre cube d'émulsion vierge et par jour. Le coefficient d'absorption déterminé [1] au Jungfraujoch, pour

---

(7) S. Rosenblum, M. Valadarès et Mlle Perey, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 385.

(1) M. Jannot et P. Alleno-Ragougnot, *Journal de Physique* (sous presse).

la composante du rayonnement cosmiqne responsable des étoiles permet de calculer quelle serait la densité correspondante à 4500^m, 44° lat. géomg. N; on trouve ainsi 15,5 étoiles par centimètre cube d'émulsion vierge et par jour. Ce résultat fournit, sous les latitudes considérées, une indication utile sur la réduction relative de 2,4 à 1 de l'intensité de la composante *nucléonique* du rayonnement cosmique, réduction due à la coupure du spectre énergétique des particules primaires par l'action du champ magnétique terrestre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés électriques des produits du système oxyde de titane alumine réduits par l'hydrogène.* Note (*) de M. **Roland Cauville**, présentée par M. Paul Lebeau.

La réduction par l'hydrogène de l'oxyde de titane TiO_2 vers 1500°C conduit à des composés dont la formule globale peut s'écrire TiO_n, n variant de façon continue entre 2 et 1,67 suivant les conditions de l'expérience (durée, teneur en oxygène résiduel de l'hydrogène employé, température). Cette dernière valeur, $n = 1,67$, correspond à l'oxyde Ti_3O_5 qui est la limite de réduction dans l'hydrogène seul ([1]), ([2]). Ces oxydes réduits, qui rentrent dans la classe des semi-conducteurs ont une résistivité de l'ordre de $1\,\Omega\,cm^2/cm$, résistivité susceptible de variation en fonction du temps ([3]).

Je me suis proposé de rechercher comment variaient les propriétés électriques de l'anhydride titanique en présence de proportions variables d'autres oxydes métalliques.

Dans la présente Note j'indiquerai les résultats correspondant aux mélanges d'anhydride titanique et d'alumine.

L'alumine et l'oxyde de titane sont employés sous forme de poudres très fines passant au tamis 150. Ces poudres sont mélangées intimement puis moulées en forme de petits cylindres (diamètre 8^{mm}, hauteur 5 à 6^{mm}) sous une pression de 5 tonnes/cm^2.

La réduction et le frittage de produits comprimés sont effectués simultanément dans un four à résistance de molybdène; l'hydrogène utilisé dans le four est soigneusement purifié au préalable pour éliminer toutes traces d'oxygène, de vapeur d'eau ou d'azote. Après réduction les produits sont *trempés* en atmosphère d'hydrogène et ramenés ainsi à la température ambiante en 1 à 2 minutes de façon à éviter toute oxydation.

La mesure de la résistance des cylindres revêtus sur leurs faces planes d'une couche de cuivre projetée au chalumeau a été faite entre 0° et 120°C.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

([1]) Billy, *Ann. Chim. Phys.*, 9, 1921, p. 16.

([2]) Erlich, *Zeit. Electroch.*, 45, 1939, p. 362.

([3]) Hemisch, *Elec. Comm.*, 25, 1948, p. 163.

La figure 1 représente, en échelle logarithmique, la variation de la résistivité à 15° C en fonction de la teneur en alumine et pour quelques taux de réduction; il est à noter que les compositions centésimales indiquées en abscisse sont celles des mélanges avant réduction. Les maxima de résistivité sont obtenus pour des produits correspondant sensiblement à la composition initiale TiO_2, Al_2O_3, ils tendent à s'atténuer quand le taux de réduction augmente.

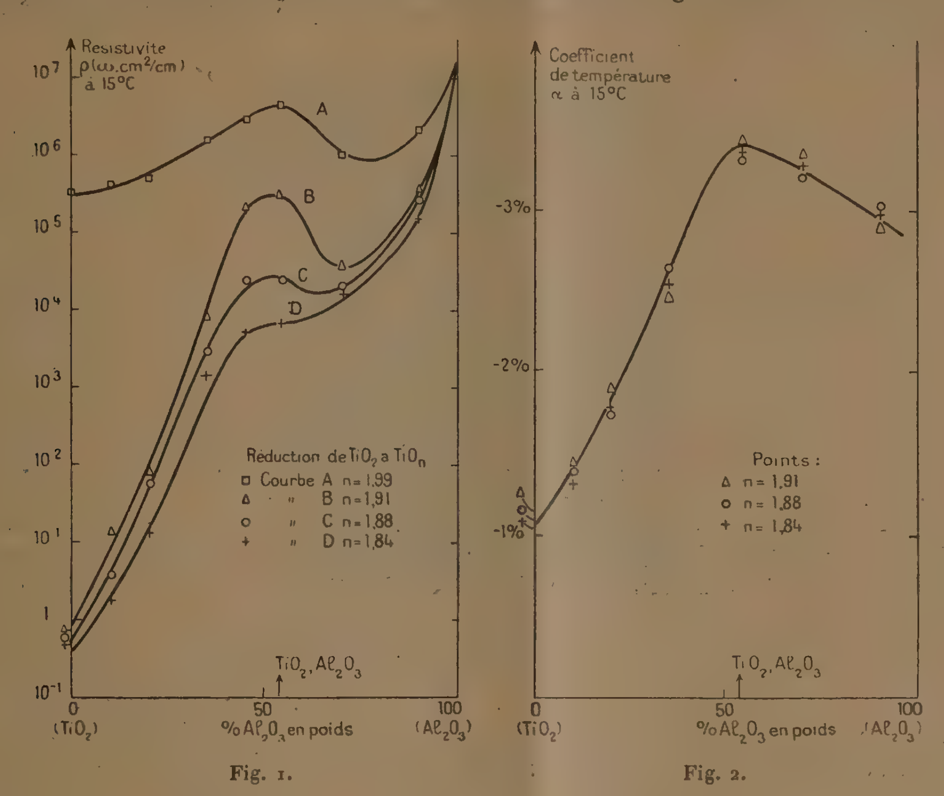


Fig. 1. Fig. 2.

La figure 2 représente la variation du coefficient de température de la résistivité à 15° C pour les mêmes compositions. La valeur de ce coefficient est, aux erreurs d'expériences près, pratiquement indépendante du taux de réduction, il est donc plus significatif de ne représenter qu'une courbe, ainsi qu'il a été fait sur la figure 2. On constate l'existence d'un maximum situé dans la même zone que ceux décrits précédemment (*fig.* 1).

On sait que la semi-conductivité d'un composé est conditionnée par la possibilité pour ses électrons de changer de niveau d'énergie, et que le coefficient de température de la résistivité est lié à l'énergie d'activation nécessaire pour effectuer ce changement. L'existence des maxima mis en évidence par les figures 1 et 2 permet donc de supposer que la composition TiO_2, Al_2O_3 correspond, sinon à un composé défini, du moins à une structure plus stable que celles des produits de compositions différentes et que cette structure est ainsi moins affectée par le départ d'ions oxygène.

L'existence de cette composition privilégiée TiO_2, Al_2O_3 est confirmée d'ailleurs par une étude aux rayons X et par la présence d'un point singulier dans le diagramme de fusion ([4]).

D'autre part, ces produits, par la gamme étendue de résistivité et les valeurs importantes du coefficient de température qu'ils présentent, peuvent être susceptibles d'applications pratiques comme résistances rapidement variables avec la température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la rythmicité de la précipitation des sels cuivriques par les arséniates alcalins.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

De précédentes études ([1]) ont conduit à la résolution, en couche de gélatine, de quelques précipités polyphasés à composants individuellement rythmiques. La même analyse, étendue à la précipitation encore mal connue des sels cuivriques par les arséniates alcalins, a mis en évidence une rythmicité macroscopique, particulièrement bien accusée dans le cas de l'arséniate de potassium.

Le dépôt d'un sel cuivrique, chlorure, sulfate ou nitrate, sur gélatine imprégnée d'arséniate de potassium, y provoque, postérieurement à une plage continue contiguë à la goutte, un système d'anneaux remarquables par leur taille et par leur régularité. Ces anneaux, qui obéissent à loi générale de distribution, avec des espacements pouvant dépasser le millimètre, se résolvent au microscope en amoncellements de cristallicules. L'ordre des réactifs se montre un facteur important de la rythmicité. Par interversion du sel cuivrique et de l'arséniate de potassium, les anneaux n'ont pu être obtenus. L'inhibition trahit, pour les deux électrolytes, une dissymétrie de comportement plus accentuée encore que pour le nitrate d'argent et le bichromate de potassium dans la rythmicité classique de Liesegang.

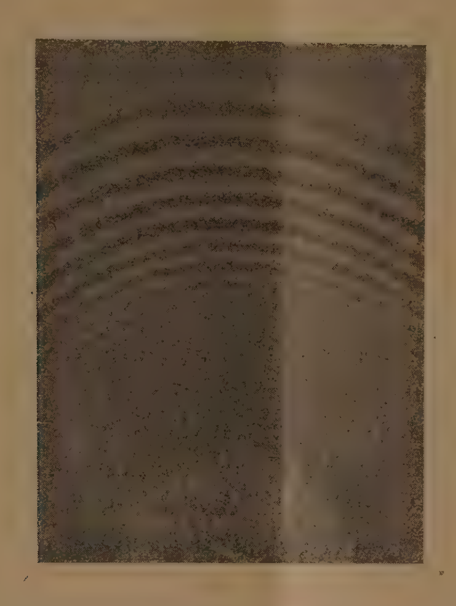
Lorsqu'on imprègne la gélatine d'arséniate d'ammonium au lieu d'arséniate de potassium, les anneaux cristallins sont obtenus moins facilement, en même temps que plus fins et plus serrés. D'autre part, cependant, la phase d'aspect amorphe peut s'interrompre à un niveau donné pour former ensuite, au delà des anneaux cristallins, un gros anneau diffus.

Enfin, lorsque le gel est imprégné d'arséniate de sodium, les anneaux cristallins sont obtenus plus difficilement encore, accompagnant une plage d'aspect amorphe à répartition pratiquement continue.

([4]) Wartenberg et Reusch., *Zeit. Anorg. Chem.* **207**, 1932, p. 1.

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 84; **224**, 1947, p. 113 et 740; **226**, 1948, p. 336; **227**, 1948, p. 225; **228**, 1949, p. 1429.

Du point de vue chimique, tandis que la phase amorphe, de rythmicité incertaine, est rebelle à l'interprétation, les données du milieu aqueux renseignent, dans une certaine mesure, au sujet du composé chimique responsable des anneaux en chacun des cas examinés. La considération de l'arséniate tétracuprique $As_2O_5.4OCu.OH_2$ stable au contact de l'eau, identifié par Guérin et Mas [2], ne saurait être retenue dans les conditions de l'expérience,



Dépôt de nitrate cuivrique sur gélatine imprégnée d'arséniate de potassium. × 2.

en gélatine du commerce toujours légèrement acide. Elle est contredite, en effet, par les résultats de Mas [3] concernant les domaines d'existence des diverses phases du système $As_2O_5 - OCu - OH_2$; et sans que, par ailleurs, la suggère non plus l'inégale aptitude des trois arséniates alcalins envisagés à former des anneaux.

En conséquence, ce seraient vraisemblablement des sels doubles, du cadre de ceux étudiés par Hirsch [4] qui se trouveraient isolés, dans les rythmicités ci-dessus décrites, d'une phase d'aspect amorphe, chimiquement ou non distincte.

---

(2) *Ibid.*, **226**, 1948, p. 1615.

(3) *Ann. Chim.*, 12e série, **4**, 1949, p. 459.

(4) *These inaug. Dissert.*, Halle, 1890.

CHIMIE MINÉRALE. — *Structures et formules de quelques constituants du ciment Sorel.* Note (*) de M. **Pieter Maarten de Wolff** et Mme **Léone Walter-Lévy**, présentée par M. Paul Pascal.

La structure des chlorures et chlorocarbonate: Cl_2Mg, $3Mg(OH)_2$, 7 ou $8H_2O$; Cl_2Mg, $5Mg(OH)_2$, nH_2O; Cl_2Mg, $2CO_3Mg$, $Mg(OH)_2$, $6H_2O$ [1] a été étudiée par la méthode des poudres [2].

Les échantillons des divers sels ont été choisis parmi les mieux cristallisés, qui donnent les raies les plus fines. Le chlorocarbonate a été précipité en versant goutte à goutte 200^{cm^3} d'une solution de bicarbonate de magnésium à 0,25 mol/l, dans une solution de 1 000g de chlorure de magnésium dans 200^{cm^3} d'eau, maintenue à l'ébullition pendant une demi-heure. Il a été lavé à l'alcool, à l'éther et séché à l'air. L'analyse a donné

$$\frac{Cl_2}{Mg}=0,248\neq\frac{1}{4},\qquad \frac{CO_3}{Mg}=0,490\neq\frac{2}{4},\qquad \frac{H_2O}{Mg}=1,74\neq\frac{7}{4}\quad (^3).$$

Les produits formés par carbonatation du chlorure basique à froid donnent des raies élargies, ce qui masque les doublets.

Le chlorure Cl_2Mg, $3Mg(OH)_2$, 7 ou $8H_2O$ a été obtenu par cristallisation lente à la température ordinaire d'une solution de chlorure de magnésium à 3,5 mol/l, saturée de magnésie à l'ébullition. Le produit obtenu au bout d'un mois, lavé à l'alcool et à l'éther, séché à l'air et analysé donne les rapports stœchiométriques suivants :

$$\frac{Cl_2}{Mg}=0,252\neq\frac{1}{4},\qquad \frac{H_2O}{Mg}=2,73\neq\frac{11}{4},$$

qui correspondent à la formule Cl_2Mg, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$.

Le chlorure à $5Mg(OH)_2$ a été formé en 48 heures à 2° à partir d'une solution de chlorure de magnésium à 2,6 mol/l contenant 0,17 mol/l de MgO, et en 40 heures à 25° à partir d'une solution à 3 mol/l et contenant 0,2 mol/l de MgO.

Les précipités, lavés à l'alcool et à l'éther, prennent à l'air, au bout d'une heure, un poids rigoureusement constant. Les résultats analytiques

	Essai à 2°.	Essai à 25°.	
$\frac{Cl_2}{Mg}$	0,1667	0,1670	$\neq 0,1667=\frac{1}{6}$
$\frac{H_2O}{MgO}$	2,19	2,18	$\neq 2,17 = \frac{13}{6}$

répondent à la formule Cl_2Mg, $5Mg(OH)_2$, $8H_2O$.

(*) Séance du 28 novembre 1949.

(1) L. Walter-Lévy et P. M. de Wolff, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1077.

(2) Les sels cristallisent en aiguilles trop fines pour que leurs structures puissent être étudiées suivant la méthode du cristal tournant.

(3) Eau totale comportant celle de $Mg(OH)_2$.

Les densités des divers sels ont été déterminées à 25° suivant la méthode du flacon, par immersion dans le xylène, après dégazéification à la trompe à eau. Les valeurs trouvées sont les suivantes : chlorocarbonate, 1,919; chlorure à $3\,Mg(OH)_2$, 1,859; chlorure à $5\,Mg(OH)_2$, 1,883 pour l'essai à 2° et 1,888 pour l'essai à 25°.

Des mesures précises des distances réticulaires ont pu être obtenues grâce à l'emploi d'une chambre très dispersive (6mm pour une variation de θ égale à 1°) (4).

La position des raies a été déterminée avec exactitude à l'aide de deux diagrammes, effectués, l'un à partir du composé seul, l'autre par la méthode de calibration, l'alun ammoniacal étant pris comme étalon. La plus grande distance réticulaire dans le cas du chlorocarbonate, soit 11,57 Å, a été évaluée par extrapolation.

L'étude des radiogrammes permet de conclure que le chlorocarbonate basique cristallise dans le système rhomboédrique. La maille élémentaire contenant trois molécules est définie par $a = 13,58$ Å, $\alpha = 116°4,1'$ et la cellule hexagonale par $a = 23,14$ Å, $c = 7,222$ Å. La densité calculée d'après ces données : 1,919 est identique à celle déterminée directement.

L'extinction systématique des raies (*okl*) et (*hol*) avec *l* impair accuse la présence d'un plan de symétrie avec glissement *c*. Il s'ensuit que la molécule ne correspondrait pas à la formule donnée antérieurement, mais à la moitié de celle-ci soit $Mg_2(OH)Cl, CO_3, 3H_2O$. Le rhomboèdre élémentaire contiendrait six de ces molécules.

Le chlorure à $3\,Mg(OH)_2$ cristallise dans le système triclinique et le chlorure à $5\,Mg(OH)_2$ dans le système monoclinique.

Les mailles de ces composés sont définies par les paramètres suivants :

	a.	*b*.	*c*.	α.	β.	γ.	Densités calculées.	Densités expérimentales.
$Cl_2Mg, 3Mg(OH)_2, 8H_2O$	8,31	3,14	7,44	102°37′	101°54′	85°39′	1,858	1,859
$Cl_2Mg, 5Mg(OH)_2, 8H_2O$	9,66	3,14	8,29	90°	114°18′	90°	1,925	1,888

Les densités expérimentales et calculées des deux chlorures ne concordent que dans l'hypothèse où la maille élémentaire contiendrait seulement la moitié du poids correspondant à leurs formules habituelles prises, l'une et l'autre, avec huit molécules d'eau. Il est donc probable que dans ces formules le

(4) P. M. DE WOLFF, *Acta Cryst.*, 1948, p. 1207.

nombre de molécules d'eau est pair, c'est-à-dire égal à 8, conformément aux rapports stœchiométriques donnés ci-dessus.

Ainsi la détermination des compositions chimiques, des densités et des systèmes cristallins, permet d'attribuer au chlorocarbonate et aux chlorures basiques de magnésium les formules : $Mg_2,(OH), Cl, CO_3, 3H_2O$; $Mg_2(OH)_3Cl, 4H_2O$ et $Mg_3(OH)_5Cl, 4H_2O$.

Une analyse plus approfondie des diagrammes des chlorures basiques montre d'ailleurs que ceux-ci sont constitués comme l'avait supposé Feitknecht [5] par des macromolécules en forme de chaînes.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Variation des intégrales coulombiennes de la méthode des orbites moléculaires sous l'effet de la valence libre.* Note de M. **Alexandre Laforgue** présentée par M. Louis de Broglie.

Dans un élément de transition lorsqu'un électron passe d'une couche interne à la couche de valence, son effet d'écran vis-à-vis de cette couche diminue. La charge nucléaire effective et par suite l'électronégativité augmentent. Par application des règles de Slater [1] on trouverait même l'effet d'une valence formée plus grand que celui de la perte d'un électron. Une telle variation a été montrée par la méthode de l'énergie de résonance [2], encore qu'une part de cette variation vienne d'erreurs systématiques dues à la méthode [3]. Elle serait plus aisément vérifiable à partir des rayons de covalence ou des potentiels d'ionisation.

Un phénomène analogue peut se produire à l'intérieur des électrons de valence d'un élément normal. La fonction d'onde est en effet altérée par le couplage, et l'électron, découplé plus profond, fera davantage écran vis-à-vis des électrons de valence. Dans un système conjugué, *l'électronégativité diminue quand la valence libre augmente.*

On peut calculer cette variation à partir de l'effet de grandeur de liaison [4]. Quant un seul ordre p intervient dans la molécule, la formule $\Delta E = 0,20$, Δp indique la variation d'électronégativité d'une molécule à une autre. En général les trois ordres aboutissant à un même atome sont différents, et il est raisonnable de prendre la moyenne liée à la valence libre L

$$\Delta E = -0,07\,\Delta L.$$

---

(5) Feitknecht et H. Held, *Helvetica Chimica Acta*, 27, 1944, p. 1480.

(1) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 57.
(2) M. Haïssinsky, *Journ. Phys.*, VIII, 7, 1946, p. 7.
(3) J. Bellugue et R. Daudel, *Rev. scient.*, 84, 1946, p. 541.
(4) A. Laforgue, *J. Chimie phys.* (sous presse).

Il en résulte une variation des intégrales coulombiennes α proportionnelle et en unités β numériquement égale ([5]).

Mulliken évaluant directement les α, à partir des potentiels d'ionisation moléculaire, a montré leur dépendance vis-à-vis de la longueur de liaison (qui se ramène à la valence libre d'après le calcul précédent) et du nombre d'atomes du système conjugué.

Il résulte du Tableau suivant qu'on peut encore le ramener quantitativement à l'effet de la valence libre. Le benzène (E 2,7) est pris comme point de départ ([4]) pour calculer $\zeta = (\Delta\alpha/\Delta L):(\alpha/E)$:

	α.	L.	ζ.
C_6H_6	— 7,18 eV	0,398	–
C_4H_6	— 7,42	0,614 ([6])	—0,04
C_2H_4	— 8,14	0,732	—0,11
C_2H_2	— 9,2	1,464	—0,07
CH_3	—10,07	1,732 ([7])	—0,09

La valeur moyenne $\bar{\zeta} = -0,08$ est en bon accord avec la précédente.

Première conséquence de l'effet de valence libre, les carbures précédemment trouvés à charge unitaire ([8]) seront un peu ionisés. La correction est calculable, dans l'approximation linéaire ([4]) connaissant le diagramme des valences libres et les polarisabilités rigoureuses ([8]) ou approchées, ainsi que le facteur de réduction ([4]) pour tenir compte de l'effet de charge.

Molécule		L	$\Delta\alpha$	q
1 2 3 4 (=—=)	1-4	L = 0,84	$\Delta\alpha$ = 0	q = 0,993
	2-3	0,39	0,031	1,007
1 2 3 4 5 6 (=—=—=)	1-6	L = 0,86	$\Delta\alpha$ = 0	q = 0,988
	2-5	0,38	0,033	1,009
	3-4	0,46	0,028	1,003
(1=2 ramifié, 3 4, 3′ 4′)	1	L = 0,91	$\Delta\alpha$ = 0	q = 0,985
	2	0,99	0,057	1,012
	3-3′	0,42	0,035	1,010
	4-4′	0,82	0,006	0,991
(styrène, 1 … 8)	1	L = 0,77	$\Delta\alpha$ = 0	q = 0,990
	2	0,37	0,028	1,006
	3	0,06	0,050	1,006
	4-8	0,40	0,026	0,998
	5-7	0,35	0,030	1,001
	6	0,37	0,028	1,000

([5]) A. LAFORGUE, *Comptes rendu*, **228**, 1949, p. 1430.

([6]) Valeur moyenne entre les deux de la molécule.

([7]) Maximum absolu de la valence libre. *Cf.* LAFORGUE et LAFORGUE-KANTZER, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1735.

([8]) C. A. COULSON et H. G. LONGUET-HIGGINS, *Proc. Roy. Soc.*, **192**, p. 16.

On voit que les variations de α (en unités β) sont de l'ordre de 0,05, le même que pour les paramètres induits résultant de l'effet de charge. Les charges qui en résultent présentent des différences d'ordres de 0,020. La conséquence doit être un petit moment dipolaire, au seuil des moments actuellement mesurables [9].

CHIMIE THÉORIQUE. — *Résolution d'un déterminant séculaire par la méthode des polygones.* Note de M. **Isaac Samuel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Premier cas : Déterminant symétrique ($t_{iK} = t_{Ki}$) *à terme diagonal fixe* $= y$. — Nous représenterons un terme non diagonal par un segment dont les extrémités seront désignées par les indices i et k.

Un polygone de m côtés dont les m sommets figurent des indices représentera un produit p_m, sauf p_2 qui représentera le carré d'un terme.

Nous aurons en plus à considérer des produits $p_m p'_{m'} p''_{m''}$. Il est entendu qu'un indice déterminé ne pourra figurer que dans un seul des polygones représentatifs.

Ces conventions étant faites, nous avons démontré que l'équation séculaire s'écrira, pour un déterminant d'ordre n,

$$\begin{aligned} y^n - y^{n-2}\Sigma p_2 + y^{n-3}\,2\Sigma p_3 + y^{n-4}(\Sigma p_2 p'_2 - 2\Sigma p_4) \\ + y^{n-5}[2\Sigma p_5 - 2\Sigma p_2 p'_3] \\ + y^{n-6}[-\Sigma p_2 p'_2 p''_2 - 2\Sigma p_6 + 2\Sigma p_2 p'_4 + 4\Sigma p_3 p'_3] + \ldots = 0. \end{aligned}$$

Les règles à appliquer pour obtenir ce développement sont les suivantes :

1° Le signe à placer devant chaque p_m est celui de $(-1)^{m\pm 1}$.

2° Le coefficient à placer devant chaque p_m est 2 si $m \neq 2$ et 1 si $m = 2$.

Deuxième cas : Les termes diagonaux ne sont pas tous égaux. — Soit, par exemple, $t_{ii} = y'$, tous les autres termes diagonaux étant égaux à y.

L'expression $y^\alpha\,\Sigma p_m$ ou $y^\alpha\,\Sigma p_m p'_{m'}$ restera inchangée pour tous les polygones ou combinaisons de polygones ne contenant pas l'indice i.

Elle sera remplacée par $y' y^{\alpha-1}\Sigma p_m$ ou $y' y^{\alpha-1}\Sigma p_{m'}$ pour tous les polygones ou combinaisons de polygones ne contenant pas l'indice i.

Dans le cas général y^α sera remplacé par des produits de α facteurs de termes diagonaux.

Chacun de ces produits dépend uniquement des indices caractérisant le polygone ou l'association de polygones. On peut donc le mettre en facteur pour tous les $\Sigma p_m p'_{m'} \ldots$ caractérisés par les mêmes indices.

Application à la résolution des déterminants de la méthode des orbites molé-

(9) On sait que pour le styrolène, il y a désaccord entre les mesures directes ($\mu \sim 0$) et les mesures indirectes ($\mu \sim 0,3$ D).

culaires. — Les particularités de ces déterminants introduisent des simplifications supplémentaires considérables.

Particularités des déterminants :

1° Les termes non diagonaux $\neq 0$ sont peu nombreux.

2° Tous ces termes sont égaux à ± 1.

Conséquences. — 1° Tous les p_m sont égaux à ± 1 et le calcul des coefficients se ramène à un simple dénombrement de combinaisons de figures d'indices différents. Les simplifications sont telles que la seule figure représentant les termes conduit directement à l'équation séculaire sans qu'on ait besoin de passer par le déterminant. Dans le cas du difulvène, par exemple, qui conduit à un déterminant du 10e ordre, nous avons obtenu 2 pentagones qui étaient reliés par un de leurs sommets. Seuls subsistaient dans notre équation les termes en p_2 et p_5 et ceux provenant de leurs combinaisons.

2° Le remplacement d'un atome de C par un atome de N, par exemple, ne nécessite nullement, comme dans la méthode usuelle, la reprise de tout le calcul avec des difficultés supplémentaires. Il se traduit, en effet, simplement par la modification d'un terme diagonal. Il suffit donc de remplacer pour certains polygones, aisément repérés, le coefficient y^α par $(y+a)y^{\alpha-1}$.

Remarque. — La méthode des polygones s'applique moyennant quelques modifications au cas d'un déterminant quelconque. Mais comme un tel déterminant ne se présente qu'assez rarement en chimie théorique, nous nous bornerons ici à signaler ce fait.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'ozone sur les indols substitués.* Note (*) de MM. **Charles Mentzer**, **Darius Molho** et **Yvan Berguer**, présentée par M. Marcel Delépine.

En 1946, l'un d'entre nous a préparé plusieurs nouveaux dérivés de l'indol par action d'une amine aromatique sur une cétone bromée ([1]). Une telle méthode, décrite pour la première fois par Nencki et Berlinerblau ([2]), a été entre temps généralisée à maintes reprises, mais son mécanisme n'est pas encore définitivement élucidé ([3]), ([4]). Il est en effet très difficile de prouver avec certitude l'emplacement respectif des substituants R et R′, et pour établir la structure d'une substance donnée, on a dû jusqu'ici comparer le corps à analyser à un corps de référence, obtenu à l'aide de la méthode de E. Fischer dont le mécanisme n'est plus discuté ([4]).

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) C. Mentzer, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1176-1178.

([2]) Nencki et Berlinerblau, *Fortschritte der Teerfarbenfabrikation*, 1, 1886, p. 150.

([3]) Juilan, Meyer, Magnani et Cole, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1203-1211.

([4]) Cowper et Stevens, *J. Chem. Soc.*, 1947, p. 1041.

Scholz ([5]), puis Witkop ([6]), ont montré que certains indols mono ou dialcoylés se laissent dégrader par l'ozone en *o*-aminocétones aromatiques N-acylées. Nous nous sommes demandés si un tel procédé était également applicable aux aryl-2-indols et l'expérience a montré qu'il en était effectivement ainsi. L'influence du solvant joue un rôle très important dans cette réaction : les auteurs précédents ont utilisé l'acide acétique, ou la formamide, mais nous avons trouvé que l'acétate d'éthyle se prête mieux à cette opération et, dans ces conditions, il nous a été possible d'isoler quelques ozonides; ce fait nous semble d'autant plus intéressant que l'existence de tels composés n'avait encore jamais été signalée dans la série indolique. Chauffés en présence d'acide acétique dilué et de noir animal, ces ozonides perdent un atome d'oxygène de la façon suivante :

R, O—O, O, R′, NH → —CO—R, CO—R′, NH, +O

(I) (II)

Quand les radicaux R et R′ sont de nature aromatique, les corps du type (II) peuvent également être obtenus par action de l'anhydride chromique sur l'indol substitué, mais un tel procédé est moins général que l'ozonation. Grâce à ces faits, il nous a été possible de démontrer que la synthèse de Nencki ne s'effectue pas forcément selon le schéma classique ([4]). Ainsi l'action de l'aniline sur l'anisyl-bromo-benzyl-cétone s'effectue sans transposition

—NH_2 + CO—An | CHBr—C_6H_5 → —An, —C_6H_5, NH

(III)
(An = *p* méthoxyphényle)

préalable; en effet, l'indol (III), après ozonation ou oxydation chromique, donne naissance à un corps du type (II) qui, par hydrolyse acide, libère de l'acide benzoïque et non de l'acide anisique. Ce fait prouve que le groupement C_6H_5 était effectivement fixé en 2 et non en 3. L'interprétation de ce phénomène fera l'objet d'un Mémoire plus détaillé.

Partie expérimentale : Phényl-2 anisyl-3 indol $C_{21}H_{17}ON$. — Se prépare conformément à la technique précédemment décrite ([1]). F 189° ; N calculé : 4,70 % ; N trouvé : 4,62 %.

Ce même corps avait déjà été obtenu par action de l'aniline sur la bromo-(*p*-méthoxybenzyle)-phénylcétone ([4]).

([5]) Scholz, *Helv. Chim. Acta*, 18, 1935, p. 923.
([6]) Witkop, *Ann.*, 556, 1944, p. 1176-78.

Phényl-2 anisyl-3 N-acétyl-indol $C_{23}H_{19}O_2N$. — Par chauffage du composé précédent en présence d'anhydride acétique et d'acétate de potassium pendant 6 heures à l'ébullition. F 148°.

Ozonide du phényl-2 méthyl-3 indol $C_{15}H_{13}O_3N$. — F 155°; N calculé : 5,49 %; N trouvé : 5,47 %.

Ozonide de l'anisyl-2 méthyl-3 indol $C_{16}H_{15}O_4N$. — F 125°; N calculé : 4,91 %; N trouvé : 4,87 %.

Ortho-benzoylamino-acétophénone $C_{15}H_{13}O_2N$. — F 98°; N calculé : 5,85 %; N trouvé : 5,72 % : par chauffage de l'ozonide correspondant dans l'acide acétique diluée.

La structure de cette substance a été vérifiée par hydrolyse (libération d'acide benzoïque) et par comparaison à un échantillon authentique obtenu selon Camps (7), par action du chlorure de benzoyle sur l'*o*-amino-acétophénone.

Ortho-(anisoyl-amino)-acétophénone $C_{16}H_{15}O_3N$. — F 122°; N calculé : 5,2 %; N trouvé : 5,08 % : s'obtient également par décomposition de l'ozonide correspondant en milieu acétique aqueux.

Ce composé libère son acide anisique (F 183°) par ébullition prolongée (10 heures) dans un mélange à parties égales d'acide acétique, sulfurique et d'eau.

Benzoyl-amino-2 méthoxy-4' benzophénone $C_{21}H_{17}O_3N$. — F 118°. Une solution saturée de ce corps, chauffée à l'ébullition dans un mélange hydro-acéto-sulfurique, pendant 10 heures, libère de l'acide benzoïque et non de l'acide anisique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation du chloral avec l'acide et l'ester acétylacétiques.* — Note de MM. **Henry Gault** et **Georges Mennicken**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une communication à la Société Chimique de France, Section de Toulouse, en date du 8 janvier 1949 (1), MM. Caujolle, Couturier et Dulaurens ont fait un bref exposé de leurs travaux sur la condensation du chloral avec quelques cétones et composés β-cétoniques.

Or, nous avons eu nous-mêmes l'occasion d'effectuer des condensations similaires au cours d'une étude, entreprise dès 1947, sur le mécanisme des réactions de chloralcoylation et d'hydroxycarbonylation, étude qui rentre dans le cadre des nombreuses recherches que l'un de nous poursuit depuis de longues années sur les condensations entre composés carbonylés. Nous croyons donc utile de faire connaître, à notre tour, certains des résultats que nous avons obtenus.

La méthode qui repose sur la condensation directe du chloral et de l'acétone, éventuellement en présence d'acide chlorhydrique ou d'acide ou d'anhydride acétique (2), (3), en vue d'obtenir la trichloro-1.1.1 pentanol-2 one-4, CH_3-CO-CH_2-CHOH-CCl_3 (I), donne lieu à des résinifications plus ou

---

(7) Camps, *Arch. für Pharmazie*, 239, 1901, p. 597.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 1949, 207.

(2) Koenigs, *Ber.*, 25, 1892, p. 794; Koenigs et Wagstaffe, *Ber.*, 26, 1893, p. 554.

(3) Wislicenus et Kircheisen, *Ber.*, 26, 1893, p. 909.

moins profondes qui abaissent considérablement le rendement en cétol et rendent difficiles son extration et sa purification.

Pour cette raison, nous avons cherché à lui substituer la méthode indirecte qui consiste à condenser avec le chloral, soit l'acide (II), soit l'ester (III) acétylacétique, afin d'arriver à l'alcanolone cherchée (I) par décarboxylation des composés β-cétoniques formés intermédiairement (IV) et (V)

$$\underset{\text{(IV)}}{CH_3-CO-\underset{\underset{CCl_3}{|}}{\underset{CHOH}{|}}{CH}-COOH} \qquad \underset{\text{(V)}}{CH_3-CO-\underset{\underset{CCl_3}{|}}{\underset{CHOH}{|}}{CH}-COOC_2H_5}$$

1. *Condensation avec l'acide acétylacétique.* — Compte tenu de ce qu'il n'est pas nécessaire d'isoler l'acide acétylacétique pour le condenser avec le chloral et en nous inspirant d'un travail de Schöpf et Thierfelder ([4]) relatif à la condensation de cétoacides avec divers aldéhydes aromatiques, nous avons adopté le mode opératoire suivant qui nous a donné de bons résultats.

On prépare une solution aqueuse de (II) par action, pendant 24 heures, d'une lessive de potasse à 2,5 %, en léger excès, sur une suspension aqueuse de (III). Le mélange est exactement neutralisé par HCl, puis additionné d'une solution tampon acide acétique-acétate de sodium 1 : 10 (en poids) afin de maintenir constamment le pH entre 5 et 6.

On ajoute ensuite l'hydrate de chloral en quantité équimoléculaire; il se dégage immédiatement des bulles de CO_2, cette décarboxylation, *spontanée* à la température ordinaire, se prolongeant pendant 3 ou 4 jours.

On évapore l'eau dans le vide presque à sec et reprend le résidu à l'éther. Par évaporation de l'éther, (I) se sépare sous forme de beaux cristaux (aiguilles ou tables, F 74°; Rdt 35 %).

De ce cétol (I), nous avons préparé, à côté de l'oxime déjà connue ([5]), F 103°, les dérivés suivants, non mentionnés dans la littérature :

Fonction cétone : Semicarbazone, F 158-159° (déc.); *p*-nitrophénylhydrazone, F 152° (déc.).

Fonction alcool : Acétate, $É_{29}$ 150°; benzoate, F 78°; phényluréthane, F 59°.

2. *Condensation avec l'ester acétylacétique.* — Nous avons ensuite préparé l'ester (V), selon les indications de Kulkarni et Shah ([6]), en condensant, à la température ordinaire, l'ester acétylacétique avec le chloral anhydre en présence de pyridine. Mais nous n'avons pas réussi jusqu'à présent à isoler les produits de décarboxylation directe de cet ester sous l'action de l'acide oxa-

---

([4]) Schöpf et Thierfelder, *Ann.*, 518, 1935, p. 127.

([5]) Wislicenus et Kircheisen, *ibid.*

([6]) Kulkarni et Shah, *Chemical Abstracts*, 42, 1942, p. 3795.

lique à 4 % ou de l'acide chlorhydrique à 50 %. Toutefois, si l'acide oxalique ne semble avoir aucune action, même après chauffage prolongé à reflux, l'acide chlorhydrique, au contraire, le décompose lentement dans les mêmes conditions, d'une part en le dédoublant en ses constituants, chloral et ester acétylacétique, ce dernier composé subissant alors la coupure cétonique, et d'autre part, en donnant lieu à diverses réactions de déshydratation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés des β-hydroxyalcoyluréthannes.* Note de MM. **Raymond Delaby, Pierre Chabrier, Alès Sekera** et **Pierre Piganiol**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les propriétés des β-hydroxyalcoyluréthannes, de formule générale, $RR_1N—CO_2—CH_2—CH_2OH$, n'ont pas encore été étudiées.

L'objet de cette Note est de signaler quelques réactions de chloration et d'estérification affectant ces substances.

1. Par action de l'acide hypochloreux sur les β-hydroxyalcoyluréthannes en solution aqueuse, en opérant selon la méthode décrite par l'un de nous [1], on obtient les *dérivés* N-*chlorés* correspondants, sans qu'il y ait destruction de la fonction alcool primaire. On a par exemple :

$$HRN—CO_2—CH_2—CH_2OH + ClOH \rightarrow ClRN—CO_2—CH_2—CH_2OH + H_2O.$$

Toutefois, ces dérivés N-chlorés (notamment le dérivé N-dichloré $Cl_2N—CO_2—CH_2—CH_2OH$), sont instables; leur décomposition spontanée prend souvent une allure explosive d'une grande violence.

2. La chloration porte au contraire sur la fonction alcool primaire lorsqu'on emploie un autre réactif halogénant, le chlorure de thionyle. A la température ordinaire, il se forme dans d'excellentes conditions les *esters chlorhydriques* de ces hydroxyalcoyluréthannes, selon la réaction :

$$R_1RN—CO_2—CH_2—CH_2OH + SOCl_2 \rightarrow R_2RN—CO_2—CH_2—CH_3Cl + SO_2 + ClH.$$

Bien que la fonction alcool soit primaire, les rendements de l'opération sont excellents et l'on n'a pas observé la production d'esters sulfureux $SO(OR)_2$. Jusqu'ici, de tels composés s'obtenaient par action du chloroformiate de chloréthyle sur l'ammoniaque ou les amines [2]

$$RR_1NH + ClCO_2—CH_2—CH_2Cl \rightarrow RR_1N—CO_2—CH_2—CH_2Cl + ClH.$$

L'atome de chlore ne peut être saponifié par les alcalis sans qu'il y ait destruction de la molécule. Cette destruction s'oriente diversement suivant

---

(1) P. Chabrier, *Ann. Chim.* (11e), **17**, 1942, p. 353.

(2) D.-B. Sprënson, *J. Amer. Chem. Soc.*, **63**, 1941, p. 2249.

que l'atome d'azote est plus ou moins substitué; les équations suivantes, paraissant générales, schématisent ces diverses réactions :

$$a.\quad H_2N{-}CO_2{-}CH_2{-}CH_2Cl + 2HOK \rightarrow CONK + ClK + \overline{CH_2{-}CH_2{-}O} + H_2O;$$

$$b.\quad CH_3NHCO_2{-}CH_2{-}CH_2Cl + HOK$$
$$\rightarrow CH_3{-}\overline{N{-}CO{-}O{-}CH_2{-}CH_2} + ClK + H_2O \quad (^3);$$

$$c.\quad (CH_3)_2N{-}CO_2{-}CH_2{-}CH_2Cl + 3HOK$$
$$\rightarrow (CH_3)_2NH + CO_3K_2 + ClK + \overline{CH_2{-}CH_2{-}O}.$$

Les vitesses de ces réactions à froid, toutes choses égales d'ailleurs, sont sensiblement dans les rapports de 20 pour la réaction *a*, 10 pour la réaction *b*, et 1 pour la réaction *c*, prise comme référence.

3. L'action directe d'un chlorure d'acide sur les β-hydroxyalcoyluréthannes, conduit aisément à l'*ester* correspondant :

$$RR_1N{-}CO_2{-}CH_2{-}CH_2OH + R_2COCl \rightarrow RR_1N{-}CO_2{-}CH_2{-}CH_2O{-}COR_2 + ClH.$$

Mais si l'on opère en milieu aqueux carbonaté, l'estérification ne s'effectue pas. Dans le cas de l'action du chlorure de benzoyle, on observe d'ailleurs un phénomène assez curieux qui se produit plus spécialement en présence de carbamate de β-hydroxyéthyl N-disubstitué (diméthyle ou diéthyle par exemple). La réaction normale du chlorure de benzoyle en milieu carbonaté conduisant à la formation d'acide benzoïque est déviée : il se forme environ 60 % d'anhydride benzoïque et la vitesse de décomposition du chlorure d'acide s'effectue dans ces conditions environ quatre fois plus rapidement qu'en l'absence de carbamate qui ne semble pas participer à la réaction.

Au cours de ce travail, une trentaine de composés nouveaux illustrant ces faits ont été isolés; leur description sera faite dans un autre Recueil.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Mesure du paramètre d'un polycristal cubique à partir d'un diagramme Debye-Scherrer.* Note de M. **Pierre-Jean Bouchet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Pour calculer le paramètre d'une phase polycristalline cubique, on mesure avec précision l'angle de Bragg θ relatif à une raie d'indices connus, obtenue en *retour* avec un rayonnement de longueur d'onde déterminée [1]. On utilise en général un porte-pellicule plan, analogue à celui de M. Bénard [2].

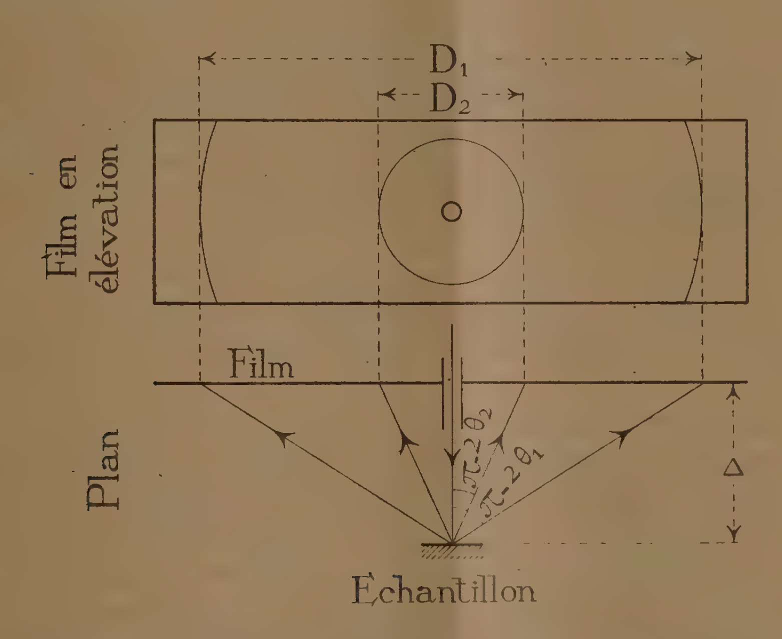
---

(3) H. Schotle, *Hoppe Seylers*, 2; *Physiol. Chemie*, 174, 1928, p. 143.

(1) Van Arkel, *Zeits Krist.*, 27, 1927, p. 25.
(2) *Thèse*, Paris, 1939.

Cette mesure est affectée de plusieurs erreurs systématiques appréciables : les dimensions de la pellicule photographique se modifient au cours des manipulations et varient avec l'état hygrométrique; la distance de l'échantillon à la pellicule, difficile à mesurer avec exactitude, est au surplus mal définie à cause de l'absorption qui place le centre effectif de la diffraction à l'intérieur de l'échantillon; le faisceau incident n'est pas exactement perpendiculaire à la pellicule. Pour éliminer les effets de ces erreurs, on utilise d'habitude une substance étalon dont le spectre s'enregistre à côté du spectre étudié, ce qui permet de mesurer les angles θ par interpolation.

Cet artifice n'est pas dépourvu d'inconvénient. Si l'étalon est une poudre dont l'échantillon est recouvert, les centres effectifs de diffraction ne sont pas confondus dans les deux substances. Et, même si l'on dispose côte à côte l'échantillon et un étalon solide, en faisant affleurer leurs surfaces, le rayonnement incident se partage entre les deux substances et le temps de pose s'en trouve sensiblement augmenté.



Un procédé simple qui exclut l'emploi d'étalon, en usage depuis plusieurs années au laboratoire d'Imphy, élimine les effets des trois erreurs citées et concilie la précision nécessaire à l'étude structurale des alliages avec une simplicité précieuse dans les travaux de contrôle industriel.

Considérons la figure formée en retour par deux anneaux de diffraction émis par une même phase, et soient θ_1 et θ_2 les angles de Bragg ($\theta_1 < \theta_2 < 90°$). Si Δ est la distance de la pellicule au centre de diffraction, les diamètres des deux anneaux $D_1 = 2\Delta \operatorname{tg}(\pi - 2\theta_1)$ et $D_2 = 2\Delta \operatorname{tg}(\pi - 2\theta_2)$ ont un quo-

(³) *Ibid.*

tient D_1/D_2 indépendant de Δ. Comme les variations de longueur qui peuvent affecter la couche sensible conservent à la figure sa similitude, et comme il suffit de régler à 1/3 de degré près la perpendicularité du faisceau à la pellicule, il apparaît que le rapport D_1/D_2 n'est pas affecté par les erreurs systématiques.

C'est précisément *ce rapport* D_1/D_2 *qui sert de base au calcul des paramètres*, par approximations successives ou au moyen de tableaux calculés d'avance. La précision de cette mesure ne dépend plus que de la finesse des pointés, lorsqu'on mesure les diamètres des anneaux et la différence $(90° - 2\theta_2)$.

Un exemple va caractériser la précision de cette méthode. Un échantillon d'aluminium très pur (99,998 % Al), placé à 40^{mm} environ de la pellicule, a été soumis au rayonnement du cuivre à 23°C; il était animé d'une rotation autour d'un axe horizontal et d'une oscillation de $\pm 7°$ autour d'un axe vertical passant par le plan de la surface irradiée. Les diamètres des anneaux, mesurés au moyen d'un photomètre Zeiss pour raies spectrales (qui permet d'apprécier par différence les longueurs à $\pm 0^{mm},01$ près), ont été trouvés égaux à 61,37 et 18,62 mm pour les raies (422) $K\alpha_1$, et (333) $K\alpha_2$: d'où $D_1/D_2 = 3,295 \pm 0,003$.

En utilisant les valeurs des longueurs d'onde les plus récemment déterminées pour ces raies par Sir Lawrence Bragg [4] : 1,54050 et 1,54434 Å, on obtient pour le paramètre : $a = 4,0496 \pm 0,0001$ Å, valeur en excellent accord avec les données de la bibliographie [5].

GÉOLOGIE. — *L'évolution actuelle du Vaccarès.*

Note de Mme **Lucien Razavet** présentée par M. Charles Jacob.

Le Vaccarès s'agrandit depuis longtemps par suite de l'attaque de ses rives, sous l'effet des vagues poussées par les vents portants qui élèvent le niveau des eaux, le long des rivages vers lesquels ils soufflent. Le phénomène est souligné par la présence de berges d'érosion subverticales, périodiquement rafraîchies, dont le recul est souligné par le déchaussement et la mort des salicornes et des tamaris bordant le rivage. Les parties en retrait se trouvent parfois protégées par des cordons littoraux (débris de coquilles) à l'abri desquels on peut observer des atterrissements vaseux et l'établissement éventuel d'un nouveau sol de végétation. Malheureusement cette protection n'est que temporaire et cesse avec le recul général du rivage. L'attaque des cordons littoraux débute vers leur extrémité et est souvent marquée par la formation d'une micro-falaise d'érosion.

Ces phénomènes semblent devoir s'expliquer comme suit : en raison de sa

---

(4) *Journ. of Sc. Instr.*, **24**, 1947, p. 27.
(5) *Handbook of Chemistry and Physics*, Cleveland, 1947, p. 2015.

faible profondeur, le Vaccarès est agité jusqu'au fond par les vents de tempête, et les sédiments (surtout vaseux) sont remis en suspension dans les eaux dont la charge sédimentaire peut devenir considérable. Comme, surtout depuis 1935, les martelières de la digue à la mer sont régulièrement ouvertes par vent du secteur Nord, de manière à faciliter l'évacuation des eaux du Vaccarès, une quantité énorme de sédiments se trouve, ainsi, entraînée dans les étangs du Sud (Fournelet, Lion, Monro) et vers la mer. Malgré une sédimentation biologique active, et compte tenu de ce que le Vaccarès n'a longtemps reçu que les eaux des roubines, lentes et peu chargées en alluvions, ce départ sédimentaire n'est pas compensé et son importance semble suffire à expliquer les phénomènes d'érosion constatés.

On notera, d'ailleurs, que l'écoulement et la dérive vers le Sud d'eaux, dont la charge sédimentaire peut dépasser localement la *charge limite*, amènent la formation d'atterrissements, dans la partie méridionale de l'étang (vers Mornez et en face du Grau du Renard) ainsi que le remblayage des étangs du Sud dans lesquels, en raison de leurs plus petites dimensions, l'action des vagues est, sans doute, moins marquée. Malgré la relative rapidité de cet alluvionnement, les berges de ces étangs présentent, assez paradoxalement, des falaises d'érosion dont certaines sont peut-être actuellement, malgré leur fraîcheur apparente, de véritable falaises mortes. Tel est, en particulier, le cas des falaises sud de la rive du Fournelet qui n'ont pas bougé depuis l'abaissement du plan d'eau du Vaccarès résultant du fonctionnement régulier des écluses (1936). On peut penser qu'antérieurement, le plan d'eau étant plus élevé et les apports sédimentaires éventuellement compensés par les entraînements, les phénomènes de creusement pouvaient alors prédominer là, comme dans le Vaccarès.

Il est à noter que les berges vaseuses limitant actuellement le Vaccarès et les étangs annexes ne semblent pouvoir donner lieu, sauf fixation locale par les roseaux ou remblayage pratiquement complet des fonds adjacents, à aucun profil d'équilibre stable. Le phénomène s'est probablement amorcé dès la destruction, faute d'alimentation suffisante, des cordons littoraux sableux qui devaient initialement border ces étangs et à l'abri desquels s'étaient établis et consolidés les remblayages vaseux.

En définitive, les phénomènes d'érosion ne semblent pouvoir être enrayés que par un apport massif de sédiments. L'augmentation notable du volume des eaux d'écoulement des rizières, parfois chargées de troubles, mais dépourvues d'éléments sableux, ne paraît pas devoir apporter, sous ce rapport, une bien grosse amélioration. Toutefois, en abaissant la salure, ces eaux peuvent contribuer au développement des roselières qui ont tendance à s'établir au débouché des roubines et sont susceptibles de constituer une défense locale efficace contre l'érosion, amenant parfois un gain notable de la terre ferme (canal des Méjannes et canal du mas de la Capellière).

GÉOLOGIE. — *Cryoturbations dans des couches archéologiques de la Charente et du Périgord.* Note de Mlle **Henriette Alimen** et M. **Pierre David**, présentée par M. Charles Jacob.

L'exploration des régions périglaciaires et les observations en haute montagne ont montré que les terrains exposés au froid se déforment, en subissant soit des décollements et glissements (*solifluxions*), soit des déformations sur place (*cryoturbations*). La trace de phénomènes analogues, qui ont eu lieu au cours du Quaternaire, a pu être observée, en Charente, en juin 1949, à l'occasion du Congrès *Sédimentation-Quaternaire*. Y. Guillien, en particulier, a montré les beaux sols polygonaux qu'il a découverts dans les parties superficielles des calcaires jurassiques. Connues jusqu'ici, en Charente, uniquement dans des formations géologiques (couches secondaires, dépôts de pente, alluvions des vallées), ces déformations ne pouvaient être datées qu'indirectement. En tenant compte des vestiges préhistoriques contenus dans l'ensemble des dépôts quaternaires qu'elles affectent, Y. Guillien les a attribuées à ce qu'il a appelé *la période froide* des temps quaternaires, allant de la fin du Moustérien moyen à la fin de l'Aurignacien (¹).

Une relation directe vient d'être établie entre des déformations indiscutablement liées au froid et des couches archéologiques, par la découverte, en juillet dernier (H. Alimen), d'un sol polygonal dans les couches de l'abri de Mouthiers (Charente), dit abri de la Chaire à Calvin, fouillé, depuis plusieurs années, par l'un de nous (P. David).

Les couches situées sous la voûte, conservées dans un large témoin, sont constituées par l'entassement de fragments calcaires de moyenne dimension (une dizaine de centimètres en moyenne), provenant du délitage du plafond; à leur sommet, de gros blocs (40 à 80^{cm}) s'alignent à l'aplomb du bord de la voûte. La cryoturbation a dérangé tous ces éléments. Sur la face S. du témoin, des zones verticales de *pierres dressées*, sensiblement équidistantes, sont séparées par des *cuvettes* que dessinent les pierrailles. L'ensemble est assimilable aux *festons* qui caractérisent, sur une coupe verticale, les sols polygonaux ou les sols striés. Sur cette coupe, trois cuvettes et le début d'une quatrième occupent une longueur totale de $4^m,40$ et une hauteur de $0^m,80$. Les gros blocs supérieurs, entre lesquels s'insinuent les pierres dressées, ne sont pas restés horizontaux, mais présentent des plongements divers. Ils ont donc été affectés par la cryoturbation. Peut-être faut-il attribuer à leur présence le rapport un peu anormal du diamètre à la profondeur des cuvettes (rapport mesuré 1,5; rapport classique 1,7). La face W. du témoin, que nous avons observée en octobre, en compagnie de Y. Guillien, montre aussi des festons, sur une longueur de 2^m et une hauteur atteignant $0^m,60$. Ici, ces festons passent manifestement au-dessus des gros blocs qui ont quelque peu modifié leur forme; ils se poursuivent jusqu'au voisinage de la

---

(¹) *Bull. S. P. F.*, **40**, 1943, p. 53. Pour la chronologie de la période froide : les données charentaises, *Géologie des terrains récents, Session extraordinaire des Sociétés belges de Géologie*, 1947 (1946), p. 355.

paroi formant le fond de l'abri. L'examen de ces deux coupes perpendiculaires permet de conclure à l'existence d'un *sol polygonal* à Mouthiers et de situer sa formation après la période d'effondrement des gros blocs.

La base des couches cryoturbées appartient au Paléolithique supérieur (Renne, industrie à lames), sans qu'on puisse préciser davantage son niveau archéologique. La masse des couches cryoturbées est quasi stérile; la majeure partie de l'industrie et de la faune se trouve au-dessus des gros blocs, dans la partie aujourd'hui superficielle, où les fouilles ont décelé l'étrange mélange de Solutréen et de Magdalénien inférieur. Le Renne s'associe au Saïga, avec prédominance de ce dernier (P. David). Mais il convient d'ajouter que cette couche archéologique s'enfonce en *poches* dans les couches sous-jacentes, et que l'un de nous (H. Alimen) a jadis recueilli une feuille de laurier solutréenne en un point plus éloigné de la falaise, au sein d'une couche de pierrailles très dérangées qui devait s'apparenter aux couches cryoturbées visibles aujourd'hui sous la voûte.

Ainsi, sans qu'on puisse affirmer que la cryoturbation ait intéressé la couche archéologique superficielle tout entière, il semble possible de suggérer qu'elle est postérieure au Solutréen, sinon même au Magdalénien inférieur. En tout cas, son âge paléolithique supérieur ne fait aucun doute. Et quant aux conditions climatiques, le sol polygonal de Mouthiers en révèle de bien définies, qui se rapprochent de celles régnant actuellement au Spitzberg : température moyenne annuelle comprise entre — 1° et — 5° environ, et régime relativement humide ([2]).

Dans la station éponyme du Moustier (Dordogne), type du Moustérien, des traces de cryoturbation ont été identifiées en août (P. David en présence de R. Ciry). Une poche de 70^{cm} de haut et 50^{cm} de large affecte le sommet du Moustérien de tradition acheuléenne. Les couches avec Moustérien typique qui la surmontent sont parfaitement horizontales et nullement touchées par la déformation. Ici, l'action du froid est parfaitement datée.

Ainsi, dans le Nord du Bassin d'Aquitaine, des déformations qui n'ont aujourd'hui leur analogue que dans les régions périglaciaires ou en haute montagne, peuvent être datées d'une façon précise. Les unes (poches du Moustier, Dordogne) se sont produites au cours du Moustérien supérieur; les autres (sol polygonal de Mouthiers, Charente) appartiennent à une phase, sans doute tardive, du Paléolithique supérieur.

GÉOLOGIE. — *Niveaux paléontologiques dans le Quaternaire marin de Casablanca (Maroc).* Note de M. **Georges Lecointre**, présentée par M. Paul Fallot.

En 1918, j'ai établi une succession des faunes quaternaires de Casablanca. Plus tard, se basant sur cette étude, Neuville et Ruhlmann ont décrit minutieu-

---

([2]) A. Cailleux, *Expéditions polaires françaises, Missions Paul-Émile Victor*, 1949, p. 47.

sement les carrières des environs de cette ville et précisé l'intercalation des niveaux à industrie humaine, dans les sédiments marins et continentaux, déjà entrevue par Antoine. De sérieuses critiques ont été apportées à ces vues par J. Bourcart. Or, à la faveur d'une mission que m'a confiée, en 1948, l'Institut Scientifique chérifien, j'ai pu revoir la question sur place, puis étudier les faunes recueillies au Muséum National d'Histoire Naturelle avec l'aide de M. le Professeur E. Fischer-Piette. Il en résulte qu'on doit distinguer dans le Quaternaire ancien du Maroc non plus une seule, mais deux faunes.

1. La plus ancienne est caractérisée par la présence, au milieu d'un ensemble très analogue à celui de la Méditerrannée actuelle, de deux mollusques : *Acanthina crassilabrum* Lamk, et *Trochatella trochiformis* Gmelin. Le premier est connu à l'époque actuelle au Chili-Pérou, la seconde dans la même région et aussi au Cap Vert (quaternaire et actuelle). Cette faune caractérise les gisements les plus élevés en altitude 70 à 90^{m} : Sidi Messaoud, Beau-Site, Maarif-Aéroport, Dar ben Qiran, O. Mellah (Aïn Seridj).

2. Une seconde faune comprend les mêmes espèces en mélange avec deux autres qui ne descendent pas actuellement au Sud du Portugal : *Littorina littorea* et *Purpura lapillus*. J'y rattache, outre la lumachelle de Sidi Abd er Rahmane, les calcaires inférieurs de la carrière Racine (= sous Anfa). *L. littorea* disparaît ensuite totalement de la faune marocaine, et *P. lapillus* ne persiste qu'à l'état d'individus isolés d'une extrême rareté jusqu'à l'époque actuelle.

La lumachelle de Sidi Abd er Rahmane contient une surabondance de Patelles qui oblige à la considérer comme tout à fait littorale, c'est-à-dire déposée sous une tranche d'eau de 5^{m} au maximum. Le rivage se serait donc tenu, à cette époque et à cet endroit, vers 25^{m}.

3. Après une régression importante, une mer transgressive laisse des dépôts contenant en grande abondance *Purpura hæmastoma* et *Patelle Safiana* qui persistent jusqu'à l'époque actuelle. Le rivage se tient aux environs de 30^{m} : Carrières de Sidi Abd er Rahmane (couche transgressive du front Nord), Martin, Racine (couches supérieures) et Le Palmier (avec *Elephas Iolensis*).

On est tenté de rattacher ces faunes aux niveaux classiques de la Méditerranée : I = Sicilien, II = Milazzien, III = Tyrrhénien, mais jusqu'à ce que les recoupements des faunes marines avec les faunes de mammifères soient plus nombreux, j'estime que cette classification ne peut avoir qu'un caractère essentiellement provisoire.

En effet, *Trochatella trochiformis* remonte au moins au Pliocène. De plus, j'ai recueilli *A. crassilabrum* dans la même couche des fouilles de l'Oued Fouarat où Choubert, Ennouchi et Marçais ont récemment signalé des *Pecten planomedius* (roulés) et des molaires d'*Elephas meridionalis* et d'*Anancus Osiris*. L'*Acanthina* existerait donc dès le Calabrien-Villafranchien. On peut alors être tenté de rattacher à cet étage les hauts niveaux de Casablanca (I). L'inva-

sion de la faune nordique (II) à *Littorina* et *Purpura lapillus* s'accorderait bien en effet avec la pénétration des faunes froides en Méditerranée pendant le Sicilien.

D'autre part, il paraît difficile, malgré l'absence des Strombes de ne pas considérer l'apparition en grand nombre de *Purpura hæmastoma* sur les côtes marocaines comme contemporaine du pullulement de la même espèce dans les couches à Strombes (Tyrrhénien) de la Méditerranée.

Nous sommes donc placés dans l'alternative de choisir entre les deux classifications suivantes :

A. Sicilien : rivage 90-100^m; Milazzien : 25^m; Tyrrhénien : 30^m.

B. Calabrien : 100^m; Sicilien : 25^m; Milazzien : inconnu; Tyrrhénien : 30^m.

Si l'on réfléchit que la date de l'apparition de l'Homme au Maroc dépend de la classification adoptée, puisque l'Industrie Clacto-Abbevillienne a été découverte par Neuville et Ruhlmann dans les couches inférieures de la carrière de Sidi Abd er Rahmane, on ne peut être que saisi de l'importance du problème posé.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Quaternaire marin fossilifère le long de la Côte occidentale du Labrador*. Note de MM. **René Abrard** et **Edgar Aubert de la Rüe**, présentée par M. Paul Fallot.

Étudiant les dépôts glaciaires remaniés par la transgression marine pléistocène dans la partie occidentale de la péninsule d'Ungava, l'un de nous (1) a pu découvrir deux gisements fossifères à proximité du littoral de la baie d'Hudson.

Dans la partie Ouest de la péninsule d'Ungava, des vestiges probants de l'invasion marine pléistocène, succédant immédiatement au retrait de la calotte glaciaire, ont pu être observés par nous, jusqu'à la cote de 66^m. Il s'agit de plages soulevées sous forme de bancs de galets classés, parsemant les mamelons granito-gneissiques en bordure de la vallée inférieure de la Kogaluk, entre 59 et 60° latitude Nord. Toutefois, les Mollusques fossiles ont été rencontrès seulement dans les terrasses marines peu élevées formées d'une argile sableuse gris verdâtre qui s'insinuent entre ces faibles reliefs. Ces fossiles ont pu être observés jusqu'à une quarantaine de kilomètres à l'Est du littoral actuel et à la cote maximum + 35^m environ.

Le gisement fossilifère le plus riche a été découvert sur la rive droite de la Kogaluk, au pied de la première chute de ce fleuve à partir de l'aval, entre les

(1) E. Aubert de la Rüe, qui participait avec l'appui de l'*Arctic Institute of North America*, à l'expédition organisée par M. J. Rousseau, directeur du Jardin Botanique de Montréal, pour traverser en 1948 la péninsule d'Ungava dans le Labrador septentrional.

cotes 10 et 20, à une trentaine de kilomètres de la côte à vol d'oiseau. Les espèces suivantes ont été recueillies dans ce gisement [2].

Rhynchonella (*Hemithyris*) *psittacea* Gmel., *Chlamys islandica* Müll., *Cardium islandicum* Chemn., *Astarte borealis* Chemn., *A. compressa* Montagu, *A. laurentania* Lyell, *Macoma calcarea* Chemn., *Mya arenaria* L., *Saxicava pholadis* L., *Natica heros* Say, *Buccinum groendlandicum* Chemn., *B. scalariforme* Beck, *B. ciliatum* F., *Balanus porcatus* Da Costa. Toutes ces espèces sont actuellement répandues dans la province arctique, sauf *Astarte laurentiana*, décrit sur un fossile du Pléistocène du Canada, auquel on ne peut rapporter aucune forme actuelle.

Le second point fossilifère examiné, tout à fait indépendant du précédent, à quelques dizaines de kilomètres plus au Nord-Ouest, est situé dans le fond de la baie de Povungnituk, au bord même de la baie d'Hudson, à quelque 500^m à l'Est du poste de Povungnituk de la Compagnie de la Baie d'Hudson. Il est compris dans des dépôts marins, également argileux, largement étalés sur le substratum précambrien le long de la rive gauche d'un torrent servant d'émissaire à un lac voisin. Les niveaux les plus fossilifères se trouvent ici seulement à 3 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Les espèces suivantes ont été recueillies dans ces dépôts de la baie de Povungnituk :

Leda buccata Steenst, *Cardium islandicum* Chemn., *Astarte compressa* Montagu, *Macoma calcarea* Chemn., *Mya truncata* L. var. *uddevallensis* Forbes, *Saxicava pholadis* L., *Admete viridula* F., *Trichotropis borealis* Brod et Sow., *Buccinum ciliatum* F.

Les rapides investigations faites dans ce secteur occidental du Labrador, proche du 60e parallèle, semblent n'indiquer qu'un assez faible relèvement de la péninsule depuis le Pléistocène. Ce mouvement positif est nettement moindre, en apparence tout au moins, que le soulèvement ayant affecté les régions voisines. Rappelons que A. P. Low signala une plage marine à la cote 238 (715 pieds) au cap Smith [3], où la plus haute terrasse relevée par H. C. Gunning [4] n'est toutefois que de 145^m (435 pieds). Plus au Sud, au Promontoire Portland, E. H. Kranck a observé une ancienne ligne de rivage à 103^m (309 pieds) [5].

Il n'est pas douteux que le soulèvement récent du Labrador a été très inégal, mais la distance entre le cap Smith et le promontoire Portland, d'environ 200^{km}, entre lesquels se situe ce secteur que nous venons d'étudier, permet

---

(2) Déterminations de R. Abrard.

(3) *Commission géologique*, vol. XIII, part. II, 84 p., 1902, Ottawa, 1910. Publ. n° 1069.

(4) *Geol. Surv. Canada. Sum. Rept.*, 1933, Part. D, p. 139 D-154 D., 1934.

(5) *Geological Research along the East Coast of Hudson Bay. Arctic*, Vol. I, n° 1, Spring 1948, p. 66-67, Montréal.

difficilement d'expliquer une aussi forte anomalie. Les observations faites le long de la côte occidentale de la baie d'Hudson sont encore trop fragmentaires pour affirmer que la zone envisagée ici, celle qui est comprise entre les rivières Kogaluk et Povungnituk, soit demeurée déprimée entre deux secteurs voisins plus fortement relevés. Il est possible, et divers indices le laissent croire, qu'un lobe glaciaire ait subsisté plus tardivement ici, s'opposant à une plus grande avancée de la mer pléistocène.

GÉOLOGIE. — *Quelques observations tectoniques sur les schistes cristallins et les granites de la Cornouaille maritime.* Note de M. **Jean Cogné**, transmise par M. Alexandre Bigot.

Étudiant l'ensemble des schistes cristallins du Sud de la Bretagne, il m'a été donné de faire plusieurs observations tectoniques, particulièrement dans la région située au Sud des villes de Concarneau et de Quimperlé. Ce dernier secteur comprend des ectinites (micaschistes et gneiss) dans lesquelles ont pris place des migmatites. Des granites recoupent à l'Ouest et à l'Est ces schistes cristallins [1].

1. *Micaschistes et gneiss.* — Sous une apparence tranquille et bien litée, ils montrent un boudinage intense des lits d'amphibolites et de leptynites qu'ils contiennent. De beaux exemples, avec exsudations de quartz et parfois de feldspath aux extrémités des boudins, sont visibles un peu partout sur la côte entre Raguenès et Le Pouldu, et plus spécialement en ces deux localités. D'autre part de nombreuses veinules ou lentilles de quartz se montrent plissées à l'extrême, mettant en évidence un plissottement fin et serré, témoignage d'une action intense, qui ne se manifeste que dans le détail, aucune trace d'anticlinal ou de synclinal n'étant visible dans ces roches toujours redressées subverticalement ou présentant un très fort pendage vers le Nord (75-80°).

A noter aussi le changement progressif de direction des lits, d'Ouest en Est, où l'on passe de l'orientation de la Cornouaille (120°) à la direction du Léon (70°). Cette virgation s'observe non seulement dans la masse des ectinites, mais aussi dans les septa que contiennent les migmatites du Belon, plus au Nord, et enfin, semble-t-il dans les gneiss de Quimperlé eux-mêmes (St. Ouarneau-en-Riec). A l'Est de la Laïta ce changement de direction progressif laisse place à un champ de fractures où les directions oscillent brusquement de 120° à 45°. Dans son détail le découpé de la côte est dû à une série de cassures Nord-Sud, Est-Ouest, Nord-Ouest-Sud-Est, et affecte aussi bien les ectinites que les granites de Trégunc et de Guidel ou la *granulite* de Lorient.

---

[1] *Voir* bibliographie dans *Bull. serv. carte Géol. Fr.*, 48, 1943.

A l'échelle microscopique il est intéressant d'observer certains lits graphitiques où une cristallisation d'albite assez importante s'est effectuée. On peut voir le graphite dessinant dans les cristaux d'albite des lignes qui ondulent largement et passent d'un cristal à l'autre sans subir de coupure ni de perturbation. Peut-être avons-nous là un témoin, en quelque sorte *fossilisé*, de plissottements microscopiques d'une roche charbonneuse et que la cristallisation postérieure de l'albite a fixés sans leur faire subir de dérangement. Ceci n'est d'ailleurs observable que dans des lits assez rares situés dans des zones de calme relatif (Raguenès), la majeure partie de ces lits graphitiques riches en albite ayant subi un écrasement tel qu'on ne retrouve plus qu'un micaschiste satiné gris de fer, formé de graphite et de séricite, accompagné d'un peu de chloritoïde (Le Pouldu).

2. *Migmatites.* — Les migmatites roses du Belon ne suivent pas la virgation observée dans les ectinites, mais restent à peu près uniformément orientées suivant une direction bissectrice (90-100°), sauf près des bordures des septa et près des fronts où la trame des embréchites suit la direction des ectinites voisines.

L'importante bande de migmatites blanches, qui passe plus au Nord et qui s'étend de la baie d'Audierne à la Loire, a subi un écrasement intense et est uniformément orientée Cornouaille (120°).

3. *Granites.* — Le granite de Trégunc est massif et porphyroïde. Sur ses bordures, il tend à être orienté Est-Ouest (90°). Nous avons déjà parlé ailleurs de ses rapports avec le granite fin à deux micas de Benodet-Penmarc'h : les reliques du granite de Trégunc, enclavées dans le granite à deux micas fin et homogène, sont toutes marquées d'une orientation très nette des éléments.

Conclusion. — Ces observations, si fragmentaires soient-elles encore permettent d'apporter de nouvelles précisions sur l'histoire géologique de la Cornouaille maritime :

A. Métamorphisme d'un matériel varié, d'âge primaire probable, accompagné de boudinage de certains lits. Migmatisation dans la région de l'Aven, du Belon et de la Laïta, avec un faciès particulier. Au cours de cette migmatisation, le matériel métamorphisé est redressé, et le front suit ce mouvement. Certains plissottements internes se produisent, la virgation se forme. A proximité du front, les migmatites prennent la même direction. Plus loin, elles prennent une direction moyenne.

B. Mise en place du granite de Trégunc.

C. Métamorphisme à effets variés, ayant en particulier aligné le granite précédent dans sa portion Ouest. Deuxième phase de migmatisation, s'étendant de la baie d'Audierne vers le Sud-Est de l'Armorique, un peu au Nord de la première bande. Elle affecte parfois le granite de Trégunc et le plus souvent les schistes cristallins.

D. Phases tectoniques hercyniennes principales avec mise en place synciné-

matique de certains granites fins (dont les faciès *granulite*). Cependant certains massifs de ces granites fins, par exemple celui de Penmarc'h-Benodet ou celui de Guidel, sont relativement indemnes de l'orientation. En contre-coup de ces mouvements qui ont eu leur maximum d'intensité plus au Nord, une tectonique de faille se produit ici, affectant schistes cristallins et granites, sans déranger les orientations entre Raguenès et Le Pouldu, mais les perturbant intensément à l'Est de la Laïta. C'est au cours de cette période qu'est monté le double filon de microgranite, orienté Nord-Sud, que l'on observe sur les rives de la Laïta.

OCÉANOGRAPHIE. — *Observations sur le milieu fluvio-marin de la Charente en période d'étiage*. Note (*) de M. **Claude Francis-Bœuf**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Les observations et les mesures (1) ont été effectuées dans l'estuaire, du 8 au 14 septembre, aux sept stations suivantes : Bouée par le travers du Fort Enet, Port des Barques, Le Vergeroux, Rochefort, L'Hopiteau, Taillebourg et Saintes. Elles ont été faites à bord du *Muddy* ou du *Jean Foucre*, toutes les heures pendant la demi-marée de flot. A ces dates la Charente avait un niveau d'étiage et les coefficients de marée étaient moyens.

1. Les mesures de la teneur en chlorures (chlorinité) mettent en évidence deux zones distinctes :

a. Une zone où la pénétration de l'onde de marée se manifeste simultanément par des variations de la teneur en chlorures qui, à cette époque de l'année, sont du même ordre en surface et près du fond (gradient vertical sensiblement nul). L'amplitude de ces variations, à peine notable à l'île d'Aix, augmente progressivement jusqu'à un maximum qui se situe entre le Vergeroux et Soubise où elle atteint (entre la mesure de basse mer et celle de haute mer) plus de 10^{g} Cl ‰. Puis elle décroît lentement pour, finalement, s'annuler un peu en amont de L'Hopiteau (à 58^{km} de l'embouchure) et bien avant Taillebourg où l'eau reste constamment douce.

b. Une zone comprise entre un point situé un peu en amont de L'Hopiteau et un point situé à quelques kilomètres en amont de Saintes, où la marée ne se manifeste que de façon dynamique.

2. Le courant de flot en surface (mesuré à l'aide de flotteurs) atteint généralement son maximum de vitesse 2 heures après le renversement de la marée. La vitesse diminue ensuite lentement jusqu'au renversement suivant de la

(*) Séance du 28 novembre 1949.

(1) Mission du Centre de Recherches et d'Études Océanographiques exécutée avec la collaboration de MM. G. Berrit, J. Debyser, P. Toussaint et Mlle J. Zang et avec l'aide des Services maritimes des Ponts et Chaussées.

marée, sauf à Rochefort où un deuxième maximum se manifeste 2 heures après le premier. Jusqu'à Rochefort la vitesse maximum du courant de flot de surface atteint et, parfois, dépasse légèrement, 1 m/sec (2 nœuds). A Taillebourg le maximum de vitesse n'atteint que 0,5 m/sec.

Le courant de flot est toujours accompagné de systèmes tourbillonnaires compliqués à axe horizontal et à axe vertical.

3. Entre l'embouchure (Port des Barques) et Taillebourg il existe un important stock de matières en suspension [le *bouchon vaseux* suivant l'image de L. Glangeaud (²)] ainsi que le montrent les mesures suivantes de teneur en suspensions [exprimées en grammes (poids sec) par litre] :

	Port des Barques.		Vergeroux.		Rochefort.		L'Hopiteau.		Taillebourg.		Saintes.	
	Surface.	Fond.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.
Basse mer..	1,2	3,8	1,0	6,0	12,4	9,2	1,4	1,8	<0,1	1,0	<0,1	<0,1
Mi-marée.	1,0	1,4	1,6	1,6	2,0	2,0	1,0	19,3	<0,1	1,0	<0,1	<0,1
Haute mer.	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	2,0	1,2	28,0	0,2	1,0	<0,1	<0,1

Le stock semble osciller avec la marée, surtout si l'on considère les teneurs en suspensions, près du fond : à basse mer maximum à Rochefort et minimum à l'Hopiteau, tandis que c'est l'inverse qui se produit à haute mer.

4. Le stock de matières en suspensions se sédimente à un rythme rapide, au cours du jusant, dans les zones intercotidales, où il élabore les vases des slikkes ou des berges, suivant un mécanisme déjà décrit (³) : sédimentation de 7^m de vase, en quatre ans, dans le bassin n° 3 du Port de Rochefort à la suite de destructions portuaires par les Allemands ; sur toutes les cales en pente douce, et notamment à Soubise, il se dépose, au cours du jusant, une pellicule de vase de plusieurs millimètres, qui nécessite, de façon constante, la présence d'un homme chargé de la repousser à l'aide d'un râteau plein.

5. Des plongées en scaphandre autonome (⁴) à Taillebourg ont permis de constater par contact (la visibilité étant nulle) que le chenal est dur, libre de vase et parsemé de galets calcaires qui ont été ramenés en surface. Cette observation est à rapprocher de celle d'un autre scaphandrier (⁵) qui a noté, qu'à Rochefort, le chenal est aussi libre de vase mais non de graviers.

6. La teneur en oxygène dissous des eaux de l'estuaire est constamment plus faible (légèrement sous-saturée) qu'en mer et qu'à Saintes, où l'on constate une saturation et parfois des sursaturations. Cette répartition peut s'expliquer par l'important stock de matières en suspensions qui contiennent des matières

(²) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 8, 1938, p. 7-8.

(³) C. Françis-Boeuf, *Ann. Inst. Océanogr.*, 23, 1947, p. 149.

(⁴) Plongées effectuées, à l'aide de scaphandres Coristaux-Gagnan, par MM. J. Debyser et P. Toussaint.

(⁵) Plongées effectuées par M. Martial Michaud, de Saintes.

organiques réductrices auxquelles se trouvent associée une importante activité bactérienne.

Ces quelques observations donnent une image du milieu fluvio-marin de la Charente, en période d'étiage, qu'il serait intéressant, dans l'avenir, de pouvoir comparer à l'image de ce même milieu en période hivernale (fort débit fluvial).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. CLIMATOLOGIE DYNAMIQUE. — *Trajectoires moyennes des domaines d'anomalies de la pression barométrique*. Note de M. **Lucien Petitjean**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Nous avons montré, dans deux Notes antérieures [1], que les anomalies de la pression barométrique annuelle effectuent, au cours du temps, des oscillations quasi stationnaires dont la période est, en moyenne, de 24 mois.

Les centres des domaines d'anomalies positives et négatives suivent des trajectoires qui passent par les points où l'amplitude des oscillations est la plus grande de part et d'autre de lignes nodales.

D'après les mêmes données que précédemment, nous avons déterminé la position moyenne de ces trajectoires. A cette fin, nous avons calculé la moyenne des anomalies de pression pour deux séries de 13 intervalles de 12 mois partant des différents mois de l'année et décalés, l'un par rapport à l'autre, de 24 mois. Chaque anomalie moyenne a ainsi été déduite de l'addition de $13 \times 12 = 156$ nombres. Le rapport de la variabilité moyenne de la pression annuelle à l'écart moyen est inférieur à $\sqrt{2}$ (il est, par exemple, égal à 0,5 pour un point situé par 70° N et 70° W). L'ordre de succession des nombres utilisés n'est donc pas le fait du hasard.

Nous avons ensuite construit 24 cartes d'anomalies moyennes relatives à chacun des mois successifs de la période de 24 mois. Les nombres figurant sur 12 consécutives de ces cartes sont très sensiblement égaux et de signe contraire aux nombres figurant sur 12 autres cartes, ce qui confirme la réalité physique d'une oscillation périodique de la pression annuelle.

Résultats. — Les centres des domaines d'anomalies se déplacent, de décembre à décembre, pour la partie étudiée de l'hémisphère boréal, suivant les trajectoires désignées par les lettres (*a*) à (*g*) dans le tableau ci-après qui résume, en place de carte, les résultats de nos calculs.

D'une manière générale, les centres des domaines d'anomalies suivent des trajectoires orientées, en moyenne, de l'Est à l'Ouest, au Nord du 45ᵉ parallèle et de l'Ouest à l'Est, au Sud, avec des branches de raccordement orientées dans le sens des méridiens.

---

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1997 et **227**, 1948, p. 775.

Trajectoires moyennes des domaines d'anomalies de la pression barométrique.

Trajectoire.	Position et signe des centres des domaines d'anomalies en décembre. Origine.	Signe.	Extrémité.	Signe.	Stationnement des anomalies. Lieu.	Époque.	Plus forte anomalie. Époque.	Valeur (mm/Hg).	Remarques.
(*a*)...	Mer d'Aral	±	N golfe Bothnie	∓	W Monts Oural (60° N-50° E)	de mai à août	mai	±0,9	Branche dérivé
(*b*)...	N golfe Bothnie	∓	Islande	±	1° N golf Bothnie	de déc. à févr.	févr.	∓1,1	
					2° Iles Shetland	d'avril à sept.	juill.	∓1,0	
(*b'*)...	Iles Shetland (en juillet)	∓	N Italie	±	–	–	–	–	Branche dérivé d'oct. à déc.
(*c*)...	Islande	±	Terre-Neuve	∓	entre le S Groënland et le N Labrador	de mars à août	mai	±1,0	
(*c'*)...	N Labrador (60° N-60° W) (en mai)	±	N Açores (45° N-25° W)	∓	Océan Atlantique (50° N-35° W)	de sept. à oct.	sept.	±1,1	Branche dérivé
(*d*)...	Terre-Neuve	∓	Vallée Missouri (40° N-100° W)	±	E Montagnes Rocheuses	de sept. à nov.	–	–	Branche dérivé
(*e*)...	E Cuba	∓	Océan Atlantique (25° N-45° W)	±	Océan Atlantique (25° N-60° W)	de mars à sept.	mars	∓0,5	
(*f*)...	N Açores	∓	N Italie	±	1° N Açores	de déc. à févr.	janv.	∓0,8	
					2° Péninsule Ibérique	de mai à juill.	mai	∓0,4	
(*g*)...	N Italie	±	Méditerranée orientale	∓	S. Italie	de janv. à mars	mars	±0,3	

Nota. — Les signes + et — supérieurs des anomalies s'appliquent aux années de rang n, $n+2$, ... et les signes + et — inférieu aux années de rang $n+1$, $n+3$, ...

La direction des trajectoires possède une composante Sud : à l'Est du 45e méridien Est, entre le 5e méridien Est et le 15e méridien Ouest, ainsi qu'entre les 65e et 95e méridiens Ouest ; elle possède une composante Nord : entre les 45e et 5e méridiens Est, entre les 25e et 65e méridiens Ouest, ainsi qu'à l'Ouest du 95e méridien Ouest.

Pendant les mois où la valeur absolue des anomalies est la plus forte, les centres stationnent en certaines régions indiquées dans le tableau. Les lignes nodales de l'oscillation de vingt-quatre mois passent sensiblement à égale distance de ces régions de plus grande amplitude. Dans la partie étudiée de l'hémisphère boréal, nous en avons distingué trois (en forme de S comme les lignes

ventrales définies antérieurement) : l'une d'elles va de la Mer Blanche à l'Asie Mineure ; une autre, de l'Islande aux Iles Canaries ; une troisième, de la Mer d'Hudson en un point de l'Océan Atlantique situé par 30° N et 45° W.

BOTANIQUE. — *Schizoblaste et axe hypocotylé.*
Note de M. **Henri Gaussen**, présentée par M. Raoul Combes.

Les feuilles fasciculées de Pin disposées en général par deux, trois ou cinq terminent un rameau nain appelé *brachyblaste*. Ce rameau est normalement caduc et son système vasculaire passe en entier dans les feuilles qui le prolongent et qui ont l'allure d'un rameau coupé en long. Ce type de feuille qui emporte tout l'appareil vasculaire est appelé *pseudophylle*, par opposition au type de feuille qui est simplement alimenté par le cylindre central du rameau, laissant ce cylindre central poursuivre sa course ; ce type habituel est appelé *euphylle*. Nous appellerons *schizoblaste* un rameau qui se divise en pseudophylles. Il n'est pas nécessairement un rameau nain. On peut imaginer des brachy-, méso- ou auxischizoblastes. Dans le brachyschizoblaste d'un Pin, il n'y a normalement pas de bourgeon entre les pseudophylles, mais si un apport ou une formation de substances actives s'y produit, on voit le sommet de l'axe proliférer et donner un rameau du type auxiblaste avec des euphylles en aiguilles au début. Le rameau brachyblaste perd alors sa caducité puisqu'il est devenu auxiblaste.

Ces substances entrent en action chez les brachyblastes voisins du bourgeon terminal si celui-ci est supprimé. Ce phénomène est d'autant plus important que le brachyblaste est plus voisin du sommet.

Dans la phylogénie des Abiétinées, on considère que la possession de brachyblastes et de pseudophylles dans l'appareil végétatif est un caractère primitif n'existant que dans le genre *Pinus*. Ce caractère primitif se maintient dans l'appareil sexuel des autres genres, l'appareil sexuel conservant les caractères ancestraux.

L'embryon aussi possède normalement les caractères ancestraux, il peut donc présenter des dispositions analogues.

Étudions axe hypocotylé et cotylédons d'abord chez les Pins.

Les cotylédons en nombre variable ont, comme les feuilles fasciculées, une section transversale en secteur de cercle. S'ils sont six, chacun donne un sixième de cercle. D'autre part, tout le système vasculaire de l'hypocotyle passe dans les cotylédons. Voilà une autre analogie frappante avec les pseudophylles. L'hypocotyle apparaît alors comme un schizoblaste.

De même que le brachyblaste activé développe un auxiblaste aux dépens des faisceaux de base des pseudophylles, de même l'hypocotyle, peut être activé par le voisinage de la graine, développe un auxiblaste. Les faisceaux de cet auxiblaste, appelé tige, sont formés *de novo* au niveau de la séparation des

cotylédons ou bien sont formés par des apports venus de la base des faisceaux cotylédonaires. La tige commence par porter des euphylles en aiguilles comme l'auxiblaste formé à partir du brachyblaste.

L'évolution du nombre de pseudophylles par schizoblaste se fait vers la diminution. L'embryon, plus primitif que le jeune ou l'adulte, doit avoir dans son schizoblaste (hypocotyle) plus de pseudophylles, c'est-à-dire plus de cotylédons. C'est ainsi qu'un Pin à 2 pseudophylles dans l'appareil végétatif a plus de 2 cotylédons, un Pin à 5 pseudophylles a plus de 5 cotylédons. Les études de Boureau permettraient peut-être d'étudier cette question de plus près, les cotylédons n'ayant pas tous la même nature vasculaire.

Quittons le genre *Pinus*; dans les groupes qui n'ont plus de brachyblastes dans l'appareil végétatif, le nombre des cotylédons peut descendre à 2 ou à 1 comme dans les Cupressinées ou les Angiospermes. On trouve dans le nombre de cotylédons la série : 18 à 1 comme dans les brachyblastes de *Pinus* on trouve pour le nombre de pseudophylles tous les nombres de la série : 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1. La première série est toujours en retard sur la seconde dans sa décroissance.

Dans tout ce qui est dit ci-dessus des cotylédons et de l'hypocotyle, il s'agit de structures déterminées dans l'embryon, donc primitives. Lors du développement de ces organes on passe à la phase de jeunesse donc à des structures qui évoluent rapidement surtout dans le genre *Pinus*.

Pour ces questions, comme pour beaucoup d'autres, le genre *Pinus* paraît montrer un type d'organisation d'intérêt fondamental pour comprendre la structure des Conifères et, peut-être, des groupes plus évolués.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques caractères des phosphatases de feuilles.* Note de MM. **Jean Courtois** et **Madjid Khorsand** présentée par M. Maurice Javillier.

Les phosphatases de feuilles, largement répandues et assez actives ([1]), sont cependant encore assez mal connues. Des essais préliminaires nous ont montré que, dans certaines feuilles fraîches (Belladone, Lierre), la presque totalité de l'activité phosphatasique est directement extractible par l'eau. Au contraire, pour d'autres espèces (Marronnier, Laurier-cerise, Lilas), une faible fraction de la phosphatase est soluble, la plus grande partie demeurant sous forme de desmo-enzyme.

L'autolyse à 37°, en présence de toluène et d'acétate d'éthyle, s'accompagne d'une très lente solubilisation du desmo-enzyme; au cours de ce processus de

---

([1]) V. Ignatieff, *Biochem. J.*, 30, 1936, p. 1171 et 31, 1937, p. 1611; P. Pratesi, *Ann. chim. appl.*, 15, 1937, p. 309, 321 et 382.

longue durée, (plusieurs semaines), la fraction dissoute est progressivement inactivée. La fraction phosphatasique insoluble dans l'eau n'a pu être extraite soit par une solution de chlorure de sodium à 10 %, soit par un mélange à volume égaux d'eau et de glycérol, soit par une solution à 5 % de chlorure d'ammonium dans l'ammoniaque à 1 %.

Les phosphatases des broyats de feuilles fraîches de diverses espèces sont influencées d'une façon identique par la réaction du milieu : elles sont actives de pH 3,5 à 7,0; les courbes présentent deux optima : le plus important, net et saillant, de pH 4,7 à 5,2; le second, plus ou moins accentué selon les cas, vers pH 4,0 — 4,3.

Il apparaît que les feuilles renferment deux systèmes phosphatasiques distincts, comme a permis de le confirmer l'action de certains effecteurs.

Les fractions extractibles par l'eau des feuilles de Lierre et Belladone et celles non solubles des feuilles de Marronnier et Belladone réagissent d'une façon semblable à l'action des effecteurs :

1° la phosphatase de pH optimum 4,0-4,3 est toujours très nettement activée par les ions bivalents : Mg^{++}, Zn^{++}, Ni^{++}, Co^{++}, Mn^{++}; elle est inhibée par les oxalates ;

2° la phosphatase de pH optimum 4,7-5,2 n'est qu'assez faiblement activée par les ions Mg^{++}, Ni^{++} et Co^{++}; elle est inhibée par Zn^{++} et Mn^{++}, mais légèrement activée par les oxalates. Les deux phosphatases ne sont pas influencées par le cyanure de sodium et sont très sensibles à l'action inhibitrice des fluorures et molybdates, inhibiteurs généraux des phosphatases acides.

La phosphatase de pH optimum vers 5,0 se rapproche ainsi des autres phosphatases animales ou végétales du type II de la classification ; elle n'en diffère que par son activabilité par l'ion magnésium ; ce dernier est en général soit sans action, soit inhibiteur des phosphatases II.

La phosphatase de pH optimum 4,0 des feuilles diffère nettement des phosphatases III de même pH optimum. L'inhibition magnésienne est le caractère le plus constant des phosphatases III déjà décrites, tandis que la phosphatase de feuilles est nettement activable.

La notable activation de cet enzyme des feuilles par divers ions bivalents permet de le rapprocher des phosphatases I d'origine animale, actives en milieu alcalin. La phosphatase des feuilles demeure cependant nettement inhibée par les fluorures et molybdates qui n'ont que peu d'action sur les phosphatases I.

A notre connaissance, la phosphatase des feuilles, active à pH 4,0, représente la première phosphatase acide décrite qui soit aussi indiscutablement activée et avec autant d'intensité par des ions métalliques bivalents.

GÉOCHIMIE. — *Sur le* pH *de suspensions colloïdales de minéraux micacés.* Note (*) de MM. **André Van Ryssen**, **Willy Dekeyser** et **Théophile de Wiest**, présentée par M. Albert Demolon.

En vue d'élucider certains problèmes en rapport avec la formation et avec la dégradation des sols, nous avons étudié le comportement des minéraux micacés en présence d'eau ([1]). Étendant ces recherches, nous avons effectué un certain nombre de déterminations d'ordre physico-chimique sur les colloïdes ainsi obtenus. Dans cette Note nous communiquons l'essentiel de nos résultats relatifs aux mesures de pH et aux titrations potentiométriques.

1. La détermination du pH, à l'aide d'indicateurs, donne des résultats entachés d'une erreur de 2 à 3 unités. A ce point de vue les minéraux micacés, et les phyllites en général, se comportent de la même façon que les protéines. Cette constatation nous amène à faire des réserves sur l'application de la méthode préconisée par R. E. Stevens et M. K. Carron aux minéraux phylliteux ([2]). Par contre, les mesures de pH effectuées avec des électrodes de verre, d'hydroquinone et d'hydrogène donnent des résultats concordants.

Les valeurs données dans le tableau suivant ont été obtenues à partir des états d'équilibre mentionnés plus haut, mais après élimination de la fraction, supérieure à 50^{μ}. Ces valeurs se rapportent à 200^{mg} de substance dans 20^{ml}, d'eau distillée exempte de CO_2.

	pH.		pH.
Biotite..........	8,25	Muscovite........	8,15
Pyrophyllite.....	8,00	Zinnwaldite	8,04
Talc............	8,20	Phlogopite......	8,56
Margarite	8,00		

Une dialyse prolongée ne parvient pas à ramener le pH à 7, ce qui indique que le pH est dû au minéral et non à des ions dissous. Par adsorption de CO_2 au contact de l'air, le pH de ces solutions colloïdales varie assez rapidement et atteint une valeur constante qui se maintient après élimination du CO_2 dissous. Ce n'est que par une ébullition prolongée que l'on parvient à libérer le CO_2 adsorbé par le minéral; à ce moment le pH reprend sa valeur iniale. Nous avons noté ainsi pour la muscovite et la biotite respectivement des variations de 8,15 à 7,65 et de 8,25 à 5,04. Cet effet de surface nous a amenés à examiner des fractions de nos solutions dont les particules étaient comprises dans des limites plus étroites. Nous avons constaté qu'il existe une relation entre le pH, la concentration et la dimension des particules. Pour la muscovite nous avons trouvé :

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) W. Dekeyser et A. Van Ryssen, *Natuurwet. Tydschr.*, 31, Gand, 1949, p. 147.

([2]) *Am. Min.*, 33, 1948, p. 31.

Fraction < 1^{μ}, $9^{mg}/50^{ml}$, pH 7,70;

Fraction 1^{μ} à 2^{μ}, $9^{mg}/50^{ml}$, pH 6,90;

Fraction 1^{μ} à 2^{μ}, $18^{mg}/50^{ml}$, pH 5,04;

Fraction 1^{μ} à 2^{μ}, $18^{mg}/50^{ml}$ après dialyse très prolongée pH 6,7.

D'autres minéraux phylliteux tels que la kaolinite et l'halloysite se comportent exactement de la même façon.

2. Les titrations potentiométriques, effectuées avec une solution d'HCl 0,01 N, ont donné en général des courbes indiquant pour tous les minéraux de ce groupe l'existence de deux points isoélectriques, l'un situé entre les pH 7 à 8, l'autre, plus prononcé, entre les pH 3 et 4. De faibles teneurs en CO_2 effacent pour ainsi dire le premier point d'inflexion des courbes.

Tous les minéraux étudiés donnent des courbes assez semblables; cependant les minéraux magnésiens se comportent un peu différemment des minéraux alumineux.

Dans ces expériences, nous trouvons également une influence très prononcée de la grandeur des particules. Signalons que récemment une relation de ce genre a été mentionnée pour d'autres groupes de minéraux [3]. Les points d'inflexion deviennent plus distincts, et le volume d'HCl à ajouter devient plus considérable à mesure que les particules deviennent plus petites. Nous avons obtenu des courbes indiquant très nettement les deux points d'inflexion en partant de particules de l'ordre de 500 Å, obtenues par ultrafiltration. Les diagrammes de rayons X de ce dernier groupe de particules présentent des halos dont les d_{hkl} moyens correspondent aux distances interréticulaires caractéristiques du minéral.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude du mode d'action du disulfure de tétraéthylthiuram et de l'apomorphine dans le traitement de l'alcoolisme chronique.* Note de MM. Raoul Lecoq, Paul Chauchard et Mme Henriette Mazoué, présentée par M. Robert Courrier.

La thérapeutique antialcoolique a mis en œuvre, ces dernières années, des méthodes très différentes. L'une d'elles, établie par l'un de nous, est basée sur la désintoxication progressive des individus au moyen d'injections intraveineuses décroissantes d'alcool glucosé hépatisé; deux autres comportent des injections ou ingestions de produits chimiques, apomorphine ou disulfure de tétraéthylthiuram, dont l'introduction dans l'organisme est suivie de phénomènes d'intolérance et dont le mécanisme d'action reste discuté. On admet que l'apomorphine agit par production de réflexe conditionné, entraînant le dégoût du sujet pour la boisson, alors que le disulfure de tétraéthylthiuram (T. T. D.) possède une action défensive propre par l'imprégnation acétaldéhydique de

(3) Schuylenborg, *Thèse*, Wageningen, 1949.

l'organisme qu'il provoque. Déjà, l'un de nous a montré que les accidents qui suivent l'absorption de T. T. D. et d'alcool doivent être rapportés à l'ensemble des produits intermédiaires du métabolisme de l'alcool éthylique ([1]). Nous avons pensé qu'ici aussi l'emploi du test chronaximétrique pourrait apporter un utile complément d'information.

Nous avons comparé chez des Rats adultes ou préadultes l'effet, sur les chronaxies des nerfs extenseurs et fléchisseurs des orteils, d'injections par voie sous-cutanée soit d'alcool, de T. T. D. ou d'apomorphine seuls, soit de la même quantité d'alcool administrée en même temps que le T. T. D. ou l'apomorphine, soit enfin de l'administration successive, l'alcool n'étant injecté qu'après retour à la normale des chronaxies modifiées par l'injection préalable d'apomorphine ou de T. T. D. Le T. T. D. étant, comme on sait, à peu près insoluble dans l'eau, nous avons dû recourir à l'injection de suspensions aqueuses à 1 %. Comme d'ordinaire, nous avons utilisé de l'alcool à 25°.

Voici d'abord quelques résultats (capacités chronaxiques en microfarads) obtenus avec le T. T. D. :

	Injection sous-cutanée de :							
					0cg,5 T. T. D. et 1cm³ alcool à 25°			
	1cm³ alcool à 25°		0cg,5 T. T. D. susp. aqueuse		Simultanément		Successivement (écart de 90 min)	
	Ext.	Flex.	Ext.	Flex.	Ext.	Flex.	Ext.	Flex.
Avant........	20	45	20	40	25	40	25	45
3 min après..	17	18	18	19	60	80	120	190
10 » ..	85	95	70	90	180	250	250	350
15 » ..	90	100	120	180	90	100	200	230
25 » ..	35	50	90	125	60	75	150	180
35 » ..	25	40	65	80	30	50	90	100

Comme on le voit, le T. T. D. comme l'alcool possède un effet diphasique sur les chronaxies qui diminuent d'abord pour augmenter ensuite. Quand on donne les deux corps, soit simultanément ou soit encore successivement, on voit disparaître la phase de diminution et la phase d'augmentation est amplifiée et prolongée. Le T. T. D. a donc pour effet d'exagérer l'action de l'alcool. Son action est ainsi opposée à celle d'autres corps, comme les vitamines B_3 et B_4, qui minimisent ou annulent les réactions chronaxiques à l'alcool. Le même phénomène se produit d'ailleurs avec ces vitamines, même en présence d'imprégnation préalable par le T. T. D., ce qui montre le rôle d'une forte accumulation des produits intermédiaires du catabolisme éthylique chez le sujet recevant T. T. D. et alcool.

Le second tableau montre les faits de même ordre obtenus avec l'apomorphine :

([1]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 852.

	Injection sous-cutanée de :					
			$0^{cg},5$ apomorphine et 1^{cm^3} alcool à 25°			
	$0^{cg},5$ d'apomorphine		Simultanément		Successivement (écart de 40 min)	
	Ext.	Flex.	Ext.	Flex.	Ext.	Flex.
Avant.............	20	45	20	40	20	45
5 min après.......	17	25	35	70	120	180
10 »	19	27	170	220	200	250
15 »	55	90	250	280	170	190
20 »	100	120	100	120	90	100
32 »	75	90	80	105	80	95

Ici aussi l'action diphasique de même ordre de chacun des deux corps est remplacée dans l'administration simultanée ou successive par une phase unique d'allongement plus ample et plus durable. L'apomorphine comme le T. T. D. majore l'action de l'alcool. Ce n'est donc pas seulement par son effet nerveux propre transféré à l'alcool par réflexe conditionné qu'il faut expliquer les effets heureux de l'apomorphine dans la lutte contre l'alcoolisme, mais aussi au fait que comme le T.T.D. elle provoque une surintoxication éthylique. Il est logique de penser qu'inversement la répétition des réactions dues au T.T.D. et à l'alcool peut aboutir à la production d'un réflexe conditionné.

Conclusions. — Tandis que les injections intraveineuses dégressives d'alcool glucosé hépatisé permettent à l'organisme de l'alcoolique chronique de se débarrasser des produits du métabolisme intermédiaire accumulés, l'apomorphine et le disulfure de tétraéthylthiuram (T. T. D.) interviennent en exagérant temporairement l'intoxication alcoolique.

Les accidents transitoires qui résultent de cette surintoxication permettent, en raison de leur intensité, l'installation de réflexes conditionnés qui entraînent le *dégoût* plus ou moins prolongé des boissons alcoolisées. De telles réactions font que l'apomorphine et le disulfure de tétraéthylthiuram ne sont pas des médications sans danger et que leur usage nécessite la présence d'un contrôle médical étroit.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la régression* in vitro *des canaux de Müller de l'embryon mâle de Poulet.* Note de M. **Étienne Wolff**, M[lle] **Yvonne Ostertag** et M[lle] **Denise Pfleger**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les expériences d'explantation des canaux de Müller de l'embryon de Poulet sur la membrane chorio-allantoïdienne nous ont montré (E. Wolff et Y. Ostertag) (1) :

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949 p. 866.

1° qu'avant le 9ᵉ jour de l'incubation, les canaux de Müller mâles et femelles sont équipotentiels ; les canaux mâles ne régressent pas, s'ils échappent au contrôle de l'hormone testiculaire de l'embryon ;

2° qu'après le 9ᵉ jour de l'incubation, les canaux de Müller des embryons mâles régressent infailliblement ; dans les mêmes conditions, les canaux de Müller femelles se maintiennent. La régression ou la subsistance des canaux de Müller est donc déterminée à ce stade.

Tout récemment A. Jost et Y. Bergerard [2], dans des expériences de culture *in vitro* d'ébauches du tractus génital d'embryons de Mammifères, sont arrivés à des conclusions analogues en ce qui concerne le premier point.

Nous nous sommes demandé si, dans l'explantation *in vitro*, les canaux de Müller du Poulet se comportent comme dans l'explantation *in vivo*. Nous avons essayé de maintenir ces organes en survie dans des milieux nutritifs stériles, comme ceux qu'on emploie dans les cultures de tissus. Nos premiers essais de culture avaient été négatifs : l'étude histologique nous a montré qu'après 24 heures les cellules sont plus ou moins pycnotiques. *Malgré cela, la régression des canaux de Müller d'embryons mâles de* 9 *jours et demi s'est produite.* Tout en poursuivant des recherches sur la culture proprement dite, nous nous sommes tournés vers une autre direction.

Nous avons employé un milieu à base de jus d'embryon, de liquide amniotique et de solution de Tyrode, qui s'est révélé inapte à une survie prolongée, puis, plus simplement, le liquide de Tyrode. Dans ces deux milieux où les canaux de Müller étaient transportrs à différents stades, nous avons observé les résultats suivants, après 4 à 5 jours d'immersion.

1. *Canaux de Müller d'embryons mâles et femelles de* 8 *jours.* — Pas de modification sensible de la longueur, de la forme, ni de l'aspect des canaux après 4 à 5 jours d'immersion dans l'un des deux milieux. Augmentation d'épaisseur due à un phénomène d'imbibition.

2° *Canaux de Müller d'embryons femelles de* 9 *jours à* 9 *jours et demi.* — Même résultat que précédemment.

3° *Canaux de Müller d'embryons mâles de* 9 *jours à* 9 *jours et demi.* — Régression allant parfois jusqu'à la disparition complète des organes. Réduction de 1/3 à 9/10 de la longueur. Abolition de la forme et de la lumière. Résidus d'épaisseur irrégulière, d'aspect corrodé ou déchiqueté. Ce résultat a été vérifié dans 77 cas sur 81 canaux mâles prélevés à ce stade.

Ces observations montrent que la régression des canaux de Müller se produit *in vitro* aussi bien qu'*in vivo*. Elle est donc indépendante, à partir d'un certain stade, de tout apport extérieur, en particulier de substances apportées par la circulation, qu'on pouvait incriminer dans les expériences d'explantation *in vivo*.

D'autre part, on peut se demander ce que signifie la *régression d'un tissu en*

(2) *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1949 p. 608.

voie de nécrose. Nous ne pouvons affirmer que le princiqe responsable de la régression était présent dans l'organe au moment du prélèvement, et qu'il n'a pas été élaboré, en partie ou en totalité, pendant la période où les cellules du canal étaient encore vivantes ([3]). Toutefois le fait qu'un fragment de substance s'atrophie en milieu stérile pendant qu'il se nécrose et peut-être après la mort de ses cellules, nous oriente vers une solution du problème de la rudimentation : il est vraisemblable que la disparition d'une partie de la substance est due à une *hydrolyse.* Dès lors, ce qui différencierait l'évolution du canal de Müller mâle et du canal de Müller femelle serait l'existence d'une diastase spéciale chez l'un, ou l'inhibition de cette action diastasique chez l'autre.

Comme nous avons démontré par ailleurs que cette différence est sous la dépendance des hormones des gonades de l'embryon, nous serions en présence d'un chaînon intermédiaire entre l'hormone et un de ses effecteurs. On sait par les expériences de castration embryonnaire (E. Wolff, 1949) ([4]) et d'explantation *in vivo* (E. Wolff et Y. Ostertag, 1949) ([4]) que c'est l'hormone des testicules embryonnaires qui détermine la régression des canaux de Müller chez le mâle. On peut admettre (à titre d'hypothèse de travail) que le canal de Müller réagit à l'action de l'hormone par la sécrétion d'un enzyme protéolytique.

HÉMATOLOGIE. — *Stabilisation du sang total par les sels de calcium.* Note de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

La nécessité de retarder la gélification du sang extravasé a une importance de plus en plus grande dans la pratique de la transfusion du sang. De nombreux stabilisants ont été proposés; seul le citrate de Na est couramment employé; néanmoins, le sang citraté provoque assez fréquemment des réactions de type infectieux (frisson, hyperthermie, etc.). Nous avons proposé, en 1943, l'emploi de thiosulfate (hyposulfite) de sodium en concentration initiale de 21 % et en concentration finale de 1,2-1,9 % ; en 1944, nous avons démontré le pouvoir stabilisant du chlorure de Mg en concentration finale de 3,1 %. Nous avons souligné ([1]) que le premier possède des propriétés phylactiques marquées et que, en outre, les transfusions du sang hétérogène hyposulfité sont bien supportées (sang humain à un chien, celui du chien à un lapin, etc.) Récemment Ringenbach ([2]), sans se référer à nos travaux, a retrouvé les doses stabilisantes de thiosulfate de Na pour le sang humain et il

([3]) Des expériences récentes ont montré que la régression commence dès les premières 24 heures, contrairement à ce qu'on voit dans les canaux de Müller en place, où la régression en longueur n'a lieu que le 12e jour.

([4]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 248 et *C. R. Soc. Biol.*, Strasbourg, 1949.

([1]) *C. R. Soc. Sc. nat. Maroc*, 24, 1943, p. 4; *Bull. Inst. Hygiène Maroc*, 4, 1944, p. 29 et *Thérapie*, 1, 1946, p, 97.

([2]) *L'Avenir méd.*, 45, 1949, p. 64.

a utilisé ce sang pour pratiquer environ 200 transfusions, sans avoir noté un seul accident même léger.

Tout en considérant que le thiosulfate de sodium est un stabilisant très intéressant grâce à ses qualités phylactiques, nous avons élargi nos premières recherches afin d'essayer d'éclaicir le mécanisme de cette stabilisation.

Tout récemment ([3]) nous avons démontré que diverses *coagulases* peuvent stabiliser le sang humain (papaïne, présure, pepsine). Nous allons condenser dans ce travail les résultats concernant l'action des sels calciques hydrosolubles et, en premier lieu, du thiosulfate de calcium.

1. *Thiosulfate de calcium.* — Ce sel (CaS_2O_3, 6 aq.) est facile à préparer; il est instable au contact de l'air, même à la température du laboratoire ; on peut le conserver en solution aqueuse, à froid. Une solution de ce sel, en concentration initiale de 26 % (M/1), ajoutée à raison de $0^{cm^3},5$ à $0^{cm^3},4$ pour $1^{cm^3},5$ de sang humain veineux, prélevé à jeun (alimentaire et médicamenteux) et coulé directement dans des tubes en verre, dits à hémolyse, non paraffinés, permet la conservation sous forme liquide de ce sang au delà de sept jours, à la température de 18° C; ces doses correspondent à la concentration finale de 1,63 à 5,60 % de thiosulfate de calcium, soit 0,26 à 0,9 % de calcium ionisé. Notons que le sang ainsi stabilisé montre une sédimentation rapide des globules rouges (moitié du volume initial en neuf heures), que l'hémolyse est très faible et la mise en suspension aisée. Au delà des concentrations indiquées le sang devient rutilant, la sédimentation de plus en plus lente et la viscosité plus accentuée.

En présence de ce résultat, nous avons expérimenté le dithiosulfate de Ca.

2. *Dithiosulfate de calcium.* — Ce sel (CaS_2O_6, 4 aq.) est stable et tout aussi soluble dans l'eau. Lorsqu'on ajoute $0^{cm^3},075$ à $0^{cm^3},4$ pour $1^{cm^3},5$ du sang d'une solution aqueuse à 27 %, ce qui correspond à des concentrations finales allant de 1,3 à 5,7 % de dithiosulfate de Ca ou de 0,182 à 0,8 % de Ca, on peut conserver le sang sous forme liquide au delà de sept jours, à la température de 18° C. L'hémolyse est nulle, la sédimentation plus rapide que dans le cas de thiosulfate de Ca; la mise en suspension très facile. Les concentrations plus fortes donnent un sang liquide mais très visqueux et sans trace de sédimentation globulaire.

Nous nous sommes alors demandé si le chlorure de calcium n'exerce pas, lui aussi, des propriétés stabilisantes, contrairement à l'opinion admise, selon laquelle il serait indispensable à la gélification sanguine.

3. *Chlorure de calcium.* — Nous avons également utilisé une solution monomoléculaire, titrant 21,9 % de ce sel. Les doses allant de $0^{cm^3},05$ à $0^{cm^3},4$ pour $1^{cm^3}5$ de sang, correspondant à la concentration finale de 0,69 à 4,63 % de chlorure de Ca ou 0,13 à 0,85 %, de Ca, permettent effectivement de conserver le sang liquide au delà de sept jours, à la température de 16° C, mais l'hémolyse

---

([3]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 630.

est plus accentuée et la sédimentation moins rapide. Au delà de ces concentrations le sang devient visqueux et rutilant et les globules sanguins ne sédimentent plus.

4. *Lactacte de calcium*. — Ce sel [$Ca(C_3H_5O_3)_2$, 6 aq] ne contient que 72 % environ de produit pur anhydre; il est moins soluble que les précédents; on peut en préparer une solution de concentration M/5, à 20° C. Cette solution, ajoutée à raison de $1^{cm^3},0$ à $1^{cm^3},5$ pour $1^{cm^3},5$ de sang, empêche la gélification; l'hémolyse est apparente et la sédimentation lente.

Notons que les deux sels étudiés (chlorure et lactate de calcium) ont été préconisés par Netter et Bligh pour combattre les états de choc (maladie sérique).

Conclusions. — 1° Les sels hydrosolubles de calcium, en concentration finale d'environ $0^g,5$ % de Ca, empêchent la gélification du sang humain et permettent de le conserver à l'état liquide durant plusieurs jours sans hémolyse, avec une mise en suspension facile.

2° Sur le *plan pratique*, il est nécessaire, avant de proposer ces sels comme agents stabilisants sanguins, de rechercher les modifications des éléments cellulaires et leur résistance à l'agitation, ainsi que les caractères physico-chimiques du plasma (pH, ionisation, etc.).

3° Sur le *plan théorique*, les résultats obtenus démontrent que les sels de calcium ionisés hydrosolubles possèdent un pouvoir stabilisant envers le sang total à des doses nettement délimitées, de sorte que les conceptions théoriques concernant le rôle du calcium ionisé dans le processus de la gélification du sang doivent être révisées.

BIOMÉTRIE. — *Sur une différence pondérale à la naissance entre deux lignées de souris* Mus musculus. Note (*) de M. **Nicolas Kobozieff**, Mme **N. Pomriaskinsky-Kobozieff** et M. **Marcel-Paul Schützenberger**, présentée par M. Maurice Caullery.

La comparaison des poids des souris à la naissance a déjà fait l'objet de deux travaux antérieurs [C. C. Green ([1]) entre *Mus musculus* et *Mus bactrianus* et T. Vetulani ([2]) entre les lignées *P.* et *Lilliac* de *Mus musculus*].

En prenant la précaution d'effectuer les pesées avant que l'âge du souriceau n'atteigne quinze heures, nous avons comparé deux lignées consanguines depuis 1937 : *P* et *L*, cette dernière provenant du stock mutant (troncature de

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) *J. exp. Zool.*, 59, 1931, p. 213-245.

([2]) *Mém. Inst. Polon. Econ. rurale Pulawy*, 11, 1930, p. 456-476.

l'oreille, malformations oculaires, nanisme, hydrocéphalie, etc.), mais ne présentant plus d'anomalies.

Aucune différence de fécondité entre les deux lignées n'a pu être mise en évidence, puisque ni la différence du nombre moyen de petits par portée, ni le rapport des variances ne sont significatifs (lignée P : 5,21 petits, lignée L : 4,91 petits en moyenne; t de Student = 0,987 pour 134 degrés de liberté). Cette constatation nous autorise à comparer les poids moyens dans les deux lignées sans tenir compte du nombre des petits par portée.

On trouve : lignée P : $1^g,76$; lignée L : $1^g,30$, soit un t de Student égal à 23,94, pour 686 degrés de liberté. On constate également que la distribution des poids dans la lignée P est moins dispersée que dans la lignée L, et ceci de manière significative, puisque le rapport des deux variances atteint 2,399.

La conclusion est donc certaine : les souris de la lignée P sont plus lourdes à la naissance que celles de la lignée L et les deux lignées sont génotypiquement différentes.

Pour obtenir un résultat plus précis, on est amené à comparer entre elles les souris appartenant à des portées de même nombre de petits (*cf.* tableau) et l'on vérifie que la différence des poids est constante.

		Nombre de petits dans la portée.								
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Nombre de portées.	P...	1	3	5	14	11	15	9	6	1
	L...	1	4	9	17	15	12	6	3	3
Poids moyen d'un petit.	P...	2,400	1,675	2,123	1,752	1,960	1,738	1,680	1,620	1,783
	L...	1,400	1,563	1,454	1,336	1,367	1,218	1,204	1,192	1,209

Nous avons cherché à exprimer cette régression du poids à la naissance y_n en fonction du nombre n de petits dans la portée : on obtient ainsi les deux équations :

Lignée P .... $y_n = 2,1754 - 0,0871\,n + 0,024\,n^2$

Lignée L .... $y_n = 1,8468 - 0,1590\,n + 0,098\,n^2$

Par contre, la régression du poids moyen Y_n de toute la portée sur le nombre de petits qu'elle comporte se laisse représenter par des équations qui sont seulement linéaires :

Lignée P .... $Y_n - 9,154 = 1,503\,x(n - 5,212)$

Lignée L .... $Y_n - 6,373 = 1,072\,x(n - 4,914)$

Ces équations permettent une comparaison plus précise de l'ensemble des résultats.

Dans une prochaine Note, nous montrerons comment s'hérite ce caractère selon le type du croisement effectué.

HISTOCHIMIE. — *Particularités histochimiques de la gaine radulaire chez l'Escargot (Helix aspersa* Müll.). Note de MM. **Manfred Gabe** et **Marcel Prenant**, présentée par M. Louis Fage.

La gaine radulaire de l'Escargot a été étudiée par un certain nombre d'auteurs, mais leurs travaux ne mettent en jeu que les techniques histologiques dites générales. Nous avons eu l'occasion, au cours de recherches cytologiques et histochimiques sur la gaine radulaire des Gastéropodes Pulmonés, de recueillir quelques données concernant *Helix aspersa*, qu'il nous paraît intéressant de rapporter ici.

La recherche des *matières minérales totales*, faite par micro-incinération au au four de Policard, montre qu'au niveau des 5e à 10e dents de la radula, l'épithélium supérieur est riche en cendres blanches; les autres régions de la gaine radulaire en contiennent nettement moins. Cette localisation de matières minérales coïncide avec le début de la minéralisation des dents; ce fait est à rapprocher des constatations faites chez les Polyplacophores [Prenant (1)] et chez le Dentale [Gabe et Prenant (2)]. Les techniques que nous pouvions mettre en œuvre ne nous ont pas permis l'identification de ces matières minérales. L'examen des spodogrammes montre, en outre, la présence d'une petite quantité de cendres ferrugineuses au pôle basal des grands odontoblastes; les réactions histochimiques du fer ionique restent négatives à ce niveau.

La détection histochimique des *ribonucléines* montre l'absence presque complète de ces composés dans les grands odontoblastes. Après coloration par le vert de méthyle-pyronine, le cytoplasme de ces éléments reste incolore ou rose très pâle, alors que les autres régions de la gaine contiennent une quantité appréciable de substances pyroninophiles, dont l'aspect est, au niveau de l'épithélium inférieur, celui d'un véritable ergastoplasme. Le traitement par une ribonucléase pancréatique préparée suivant Brachet (3) amène la disparition rapide de cette pyroninophilie.

L'étude du *glycogène*, faite par coloration au carmin de Best, avec contrôle par une amylase salivaire, permet de localiser ce composé dans l'épithélium du fond de la gaine et dans les grands odontoblastes. Dans l'épithélium du fond de la gaine l'aspect est celui de mottes très petites et apicales après fixation chromo-osmique. Dans les grands odontoblastes le glycogène, notablement plus abondant, occupe toujours le pôle apical.

La localisation histochimique des phosphatases alcalines, faite suivant Gomori (4), permet de retenir trois localisations. Dans la région initiale de l'épithélium supérieur, la réaction est fortement positive au pôle apical des

---

(1) *Arch. Anat. microscop.*, 24, 1928, p. 1-7.
(2) *Arch. Zool. exp. gén.* (sous presse).
(3) *C. R. Soc. Biologie*, 133, 1940, p. 88-90.
(4) *Amer. J. clin. Pathol.*, 16, 1946, p. 347-352.

cellules. En suivant l'épithélium supérieur vers l'avant, on rencontre d'abord une zone dépourvue de phosphatase histochimiquement décelable, puis une zone où la réaction est positive. Cette deuxième zone d'activité coïncide avec le début de la minéralisation des dents. Une troisième zone d'activité est représentée par le pôle apical des cellules de l'épithélium inférieur, dans une région éloignée du fond de la gaine et qui correspond à la partie entièrement minéralisée de la radula. Signalons, à ce propos, que la basale conjonctive de la gaine radulaire et les muscles environnants donnent fortement la réaction de Gomori.

En somme, les régions de l'épithélium de la gaine radulaire présentent, à côté des différences morphologiques bien connues, des différences histochimiques nettes; les particularités de l'épithélinm supérieur sont à mettre en rapport avec la minéralisation des dents.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Test spectrophotométrique de l'hexokinase.* Note (*) de M. **Jacques Wajzer**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La réaction de l'hexokinase

$$\text{ATP} + \text{hexose} = \text{ADP} + \text{hexose-6-phosphate}$$

donne lieu à la formation d'une valence acide. En effet, le glucose-6-phosphate est un acide bien dissocié, tandis que les constantes de dissociation des deux pyrophosphates adényliques sont identiques. La formation d'acide est à la base de deux tests de l'hexokinase : l'un manométrique, de Colowick et Kalckar [1], l'autre titrimétrique, de Kunitz [2]. Le premier permet de suivre l'évolution de la réaction dans le temps; le second a l'avantage d'une exécution simple. Or il est possible de réunir ces deux caractéristiques, en suivant l'évolution d'un indicateur coloré au spectrophotomètre de Beckman.

L'indicateur de Kunitz est le rouge de phénol, qui présente un maximum d'absorption étroit à $558^{m\mu}$. Nous employons une solution contenant 10^{mg} de phénolsulfophtaléine, $0^{cm^3},28$ de soude 0,1 N, 3^{cm^3} d'alcool et 40^{cm^3} de tampon phosphorique M/15 de pH 7,55, pour 100^{cm^3}. La courbe de référence est composée d'une série d'étalons contenant $0^{cm^3},4$ d'indicateur et de 0,1 à $0^{cm^3},5$ ClH/0,01 N, pour 3^{cm^3}. On mesure l'extinction à $558^{m\mu}$ dans une cuve de 1^{cm}. Parallèlement, on détermine le pH des étalons.

La solution d'hexokinase, préparée à partir de la levure de brasserie par une modification de la méthode de Colowick et Kalckar [1], est clarifiée par centrifugation à 16 000 t/min.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

[1] *J. biol. Chem.*, **148**, 1943, p. 117.

[2] *J. gen. Physiol.*, **29**, 1946, p. 393

On fait le test avec une cuve de contrôle, contenant $0^{cm^3},4$ d'indicateur et $2^{cm^3},6$ de tampon de pH 7,55, et une cuve d'expérience. Celle-ci contient :

0,1-$0^{cm^3},5$ de solution d'ATP, M/62;

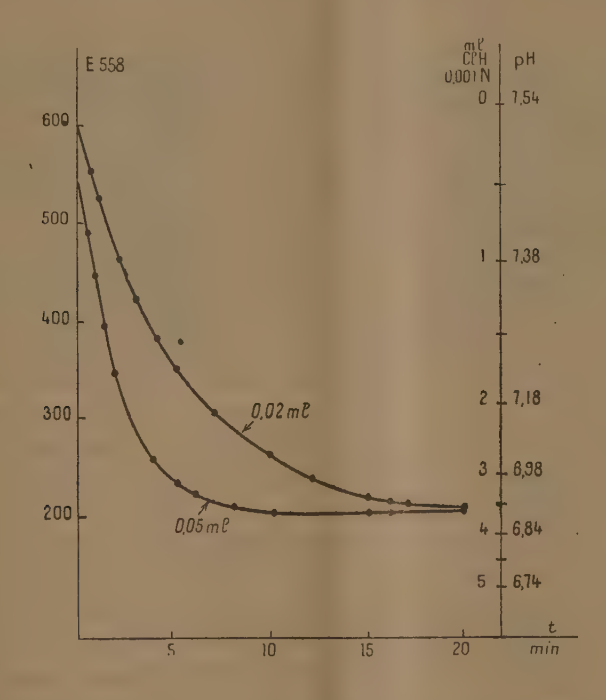
$0^{cm^3},2$ d'acétate de Mg 0,1 M;

$0^{cm^3},2$ de solution de glucose 0,12 M;

$0^{cm^3},4$ de solution de rouge de phénol.

On titre par la soude 0,01 N jusqu'à obtention d'une teinte voisine de celle de la cuve de contrôle et l'on complète à 3^{cm^3}.

La longueur d'onde réglée à $558^{m\mu}$, on vérifie que la cuve de contrôle montre une extinction de 0,620 par rapport à un témoin d'eau. On note l'extinction de la cuve d'expérience, qui indique le pH au départ. Ensuite, on introduit la solution d'enzyme et l'on mesure l'absorption à intervalles donnés. Une ou deux cuves de contrôle permettent, si besoin en est, de tenir compte du louchissement spontané des solutions ou de la teneur de l'hexokinase en substrat préexistant.



L'erreur de dilution due à l'introduction de l'enzyme peut être corrigée par le calcul, la loi de Lambert-Beer étant parfaitement suivie. Par contre, l'erreur due aux variations de l'indicateur modifie la pente de la courbe d'étalonnage; il convient alors d'ajuster la concentration du colorant, jusqu'à ce qu'il donne $E_{558} = 0,620$ avec le tampon de pH 7,55. L'erreur introduite par l'acidité de la solution d'enzyme est compensée par extrapolation au temps zéro.

En absence de tampon phosphorique, la sensibilité des virages s'accroît; mais le réglage initial des solutions devient alors plus difficile.

La figure représente une expérience typique, avec $0^{cm^3},02$ et $0^{cm^3},05$ d'hexo-

kinase. Le dégagement d'acide a été de $0^{cm^3},161$ d'acide 0,01 N pour $0^{mg},1$ de pyrophosphate transformé, chiffre théorique.

Nous envisageons l'application de la méthode spectrophotométrique à l'étude d'autres enzymes qui remplissent les conditions nécessaires, c'est-à-dire dont l'action se traduit par une modification du pH, qui donnent des solutions limpides et ne souffrent pas de la présence de l'indicateur.

Cette technique constitue un complément à la méthode de spectrophotométrie différentielle dans l'ultraviolet, inaugurée par H. M. Kalckar ([3]).

MICROBIOLOGIE. — *Observation du virus de la fièvre aphteuse au microscope électronique.* Note (*) de MM. **René Bernard**, **Henry Girard**, **Jean Hirtz**, **Czeslaw Mackowiak** et Mme **Renée Lorrin**, présentée par M. Gaston Ramon.

Le virus de la fièvre aphteuse n'a pas encore été observé avec certitude au microscope électronique. Von Ardenne et Pyl ([1]) en ont publié une photographie en 1940, mais à cette date on ignorait encore diverses techniques et notamment celle de l'ombrage; aussi, l'image qu'ils ont obtenue s'avère-t-elle extrêmement imprécise. Il apparaît même aujourd'hui osé d'avoir voulu en déduire la forme et les dimensions du virus, d'autant que les auteurs n'ont fourni aucune preuve de l'activité biologique des particules observées.

Notre travail, fruit d'une collaboration déjà longue entre le Laboratoire d'Optique Électronique de l'Université de Lyon et de l'Institut français de la Fièvre aphteuse, a eu pour but de chercher à mettre en évidence le virus aphteux. Il s'est agi avant tout de le retrouver sous une forme identique dans des milieux différents dont la virulence chaque fois contrôlée, était le caractère commun. Nous avons observé parallèlement les milieux témoins, milieux analogues à ceux contenant le virus mais totalement dépourvus de cet agent infectieux. La différence observée entre deux milieux correspondants pouvait provenir soit de la présence du virus, soit des modifications qu'il engendre, mais l'existence d'un élément commun dans divers liquides virulents devait permettre de lever cette incertitude.

1. *Virus aphteux d'origine bovine type* O. — On recueille sur un bœuf les aphtes de primo-infection pour les mettre en suspension dans une solution tamponnée à pH 7,4. Le liquide ainsi obtenu est longuement centrifugé, puis filtré sur Seitz. Sa virulence est alors considérable, il titre 10^{-8}. L'examen au microscope électronique révèle la présence de particules sphériques de 20 à $30^{m\mu}$ de diamètre. Ces particules sont rarement bien individualisées, le plus souvent elles se montrent réunies en grappes ou en structures réticulées.

Ces formations paraissent spécifiques : en effet, on ne retrouve rien de

---

([3]) *J. biol. Chem.*, **167**, 1947, p. 429.

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) *Naturwiss.*, **33**, 1940, p. 531-532.

semblable ni dans un liquide préparé identiquement avec de l'épithélium lingual normal, ni dans celui analogue obtenu à partir d'aphtes artificiels résultant de la cautérisation de la langue.

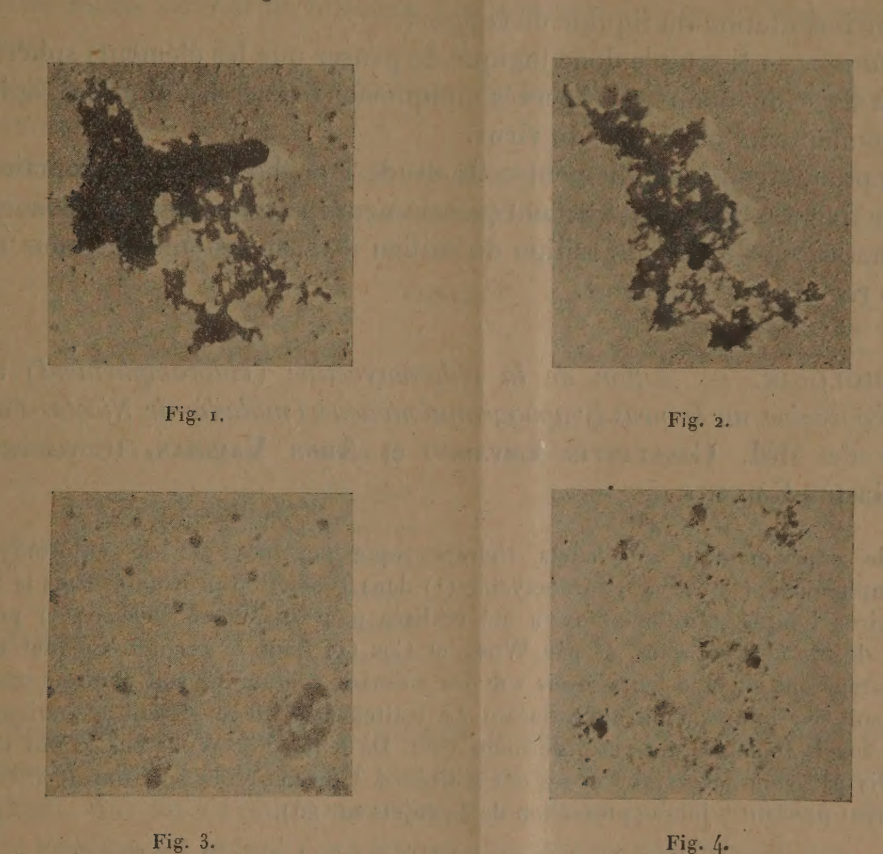


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 3. Fig. 4.

1. Virus aphteux O dans le liquide allantoïdien du 2e passage. — 2. Virus aphteux O dans le broyat d'aphtes. — 3. Liquide allantoïdien témoin. — 4. Broyat témoin d'aphtes artificiels. (× 24000.)

Nous avons cherché à concentrer le virus en recourant à la lyophilisation. Il est intéressant de noter à ce sujet que la quantité de résidu sec de la solution virulente est au moins dix fois supérieure à celle du résidu analogue fourni par l'épithélium lingual normal traité identiquement.

Ce produit desséché remis en solution donne des images électroniques où l'on retrouve les agglomérats de sphérules décrits plus haut. La solution témoin offre par contre un aspect tout différent.

2. *Virus aphteux d'ovoculture.* — Il s'agit en fait du virus aphteux d'origine bovine, type O ayant subi deux repiquages en cavité allantoïde d'œufs embryonnés. Ce liquide allantoïdien de deuxième passage se montre virulent pour le bœuf. Au microscope électronique, il révèle à côté des éléments constitutifs du liquide normal, observé parallèlement, des amas de sphérules très semblables à ceux rencontrés dans le liquide d'aphte.

L'examen électronique du liquide allantoïdien résultant d'un repiquage fait avec le liquide allantoïdien normal ne décèle rien de similaire. Cet essai a été pratiqué afin de vérifier que les modifications observées n'étaient pas liées à la simple inoculation du liquide de support.

Conclusion. — Il semble donc logique de penser que les éléments sphériques de 20 à $32^{m\mu}$ de diamètre observés uniquement dans les liquides aphteux correspondent aux particules du virus.

Nous poursuivons actuellement cette étude morphologique en fonction du mode de fixation de l'agent virulent (notamment en le dissociant par adsorption sur hématies) et de la composition du milieu de suspension dont nous avons déjà pu remarquer l'influence.

MICROBIOLOGIE. — *Action de la chloromycétine (chloramphénicol) et de l'auréomycine sur le virus lymphogranulomateux (maladie de Nicolas-Favre).* Note de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, transmise par M. Gaston Ramon.

L'étude expérimentale des effets thérapeutiques exercés par la chloromycétine (chloramphénicol) (¹) et par l'auréomycine (¹) dans l'infection provoquée chez la Souris par le virus lymphogranulomateux, a été réalisée par Smadel et Jackson (²) pour le premier de ces antibiotiques, et par Wong et Cox (³) pour le second. Smadel et son collaborateur ont effectué leurs essais sur des animaux contaminés soit par voie transcrânienne, soit par injection intrapéritonéale. Le traitement s'est révélé efficace uniquement chez les souris infectées par cette dernière voie. De leur côté, Wong et Cox ont inoculé des souris par voie névraxique et les ont traitées à l'auréomycine à raison de 1^{mg} quotidiennement pendant 7 jours (protection de 39 sujets sur 40).

Nous avons repris l'étude de ce problème et relatons dans la présente Note les résultats obtenus.

I. Chloromycétine. — *Action virulicide* in vitro. — Un lot de souris est inoculé, par voie transcrânienne, avec une émulsion névraxique virulente additionnée d'un volume égal d'une solution de chloromycétine contenant 25 mg/cm³ de chloromycétine, le mélange étant maintenu préalablement pendant 4 heures à la température ambiante. Un autre lot, servant de témoin, reçoit la même émulsion virulente, mais sans adjonction d'antibiotique.

Résultats. — Les animaux survivants ont été sacrifiés le 12ᵉ jour. Présence de lésions encéphaliques caractéristiques chez tous les sujets.

Conclusions. — *La chloromycétine ne jouit d'aucun pouvoir virulicide* in vitro *à l'égard du virus de la maladie de Nicolas-Favre.*

(¹) Consulter au sujet de ces deux nouveaux antibiotiques d'origine fongique : C. Levaditi, J. Veillet et J. Henry-Eveno, *La semaine des Hôpitaux de Paris*, 47, 1949, p. 1999 et 2003.

(²) *Science*, 106, 1947, p. 418.

(³) *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, 51, 1948, p. 290.

2° *Effets thérapeutiques* in vivo. — 15 souris sont contaminées, par voie intracérébrale, avec le virus souche *Kam*, puis traitées *per os*, à raison de 20^{mg} de chloromycétine quotidiennement pendant 6 jours (au total : 120^{mg}); 10 autres souris servent de témoins. Les animaux survivants sont sacrifiés le 12e jour.

Résultats. — *Cf.* tableau I. Absence de lésions cérébrales chez les souris préservées.

Conclusions. — *La chloromycétine est douée d'une activité curative relativement faible chez les souris contaminées par voie névraxique et traitées* per os.

TABLEAU I.

Souches.	Antibiotique.	Souris.	Nombre de souris.	Résultats. — Souris préservées. Nombre.	(%).	Passages négatifs (%) (stérilité du cerveau).
Kam	Chloromycétine	Traitées.......	15	6	40	18
		Témoins.......	10	0	0	–
	Auréomycine	Traitées.......	15	15	100	100
		Témoins.......	10	0	0	–
Rake		Traitées.......	15	15	100	90
		Témoins.......	10	0	0	–

II. AURÉOMYCINE. — 1° *Action virulicide* in vitro. — Même technique que précédemment, avec cette différence que la quantité d'antibiotique utilisée a été de 14 mg/cm^{3}. Sur les 10 souris inoculées, 9 se sont révélées protégées, alors que tous les témoins ont présenté des lésions névraxiques caractéristiques.

Conclusions. — *L'auréomycine possède une activité stérilisante des plus marquées* in vitro *à l'égard du virus lymphogranulomateux.*

2° *Effets thérapeutiques* in vivo. — *a. Souche Kam.* — 15 souris sont contaminées par voie intracérébrale avec le virus lymphogranulomateux, souche *Kam*, puis traitées *per os*, à raison de 20^{mg} quotidiennement pendant 6 jours (au total : 120^{mg}). 10 autres animaux non traités servent de témoins. Les sujets survivants sont sacrifiés le 11e jour.

Résultats. — *Cf.* tableau I. Absence de lésions cérébrales chez les souris préservées.

b. Souche Rake. — 15 souris sont infectées de la même manière que les précédentes, puis traitées *per os*, à raison de 15^{mg} quotidiennement pendant 6 jours (au total : 90^{mg}). 10 autres animaux servent de témoins. Les souris survivantes sont sacrifiées le 9e jour.

Résultats. — *Cf.* tableau I. Absence de lésions cérébrales chez les sujets préservés.

CONCLUSIONS. — *L'auréomycine est douée d'une activité curative de tout premier ordre, nettement supérieure à celle de la chloromycétine.*

CONCLUSIONS GÉNÉRALES. — *La chloromycétine et l'auréomycine exercent des effets thérapeutiques chez les souris contaminées avec le virus lymphogranulomateux (maladie de Nicolas-Favre). Cependant, l'activité curative de l'auréomycine est nettement supérieure à celle de la chloromycétine. Ces conclusions sont donc conformes à celles de Wong et Cox (loc. cit.).*

A $16^h 40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h 40^m$.

L. B.